

Rec'd PCT/JP 14 APR 2004

10/531507

PCT/JP2004/003301

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

12.3.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2003年 3月14日
Date of Application:

出願番号 特願2003-069223
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-069223]

出願人 日本電信電話株式会社
Applicant(s):

RECD 29 APR 2004

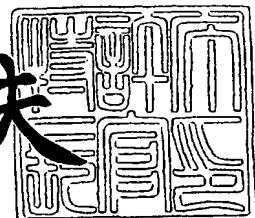
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3031131

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTI147271

【提出日】 平成15年 3月14日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H04B 10/16
H04L 12/24

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 オキ エイジ

【氏名】 大木 英司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 ミツツキ アキラ

【氏名】 三澤 明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 カタヤマ マサル

【氏名】 片山 勝

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 オカモト サトル

【氏名】 岡本 聰

【特許出願人】

【識別番号】 000004226
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078237
【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目26番18号
【弁理士】
【氏名又は名称】 井出直孝
【電話番号】 03-3928-5673

【選任した代理人】

【識別番号】 100083518
【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目26番18号
【弁理士】
【氏名又は名称】 下平俊直
【電話番号】 03-3928-5673

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014421
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9701394
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ノード装置および網制御装置および3R中継実施ノードの決定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を交換接続する光ノード装置において、
3R(Reshaping, Retiming, Regeneration)中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間と定義し、
自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する手段と、
この保持する手段に保持された前記3R区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際して自己が3R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段と
を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項 2】 光信号を交換接続する光ノード装置において、
3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、
自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する手段と、
この保持する手段に保持された前記3R区間情報を参照して自己が発ノードであるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3R中継を実施する他光ノード装置を特定する手段と、
この特定する手段により特定された前記他光ノード装置に対して自己が発ノードである光パスの設定に際し3R中継の実施を要求する手段と
を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項 3】 光信号を交換接続する光ノード装置において、
3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が前記発ノードと前記着ノードとの間の光パスが経由する光ノード装置であるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する手段と、

この保持する手段に保持された前記3R区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際して自己が3R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段と

を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項4】 光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

前記光パスが双方向光パスであるときには、

前記判断する手段または前記特定する手段は、下り光パスおよび上り光パスの双方向についてそれぞれ3R中継を実施する光ノード装置を決定する手段を備えた

請求項1ないし3のいずれかに記載の光ノード装置。

【請求項5】 前記3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、

前記判断する手段または前記特定する手段は、

前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに関する3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する手段と、

この比較する手段の比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノード

として機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないとには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段と

を備えた請求項1ないし4のいずれかに記載の光ノード装置。

【請求項6】 光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、

前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えた

請求項1ないし4のいずれかに記載の光ノード装置。

【請求項7】 前記3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノードと定義し、

一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光パス上に3R発ノードを有する3R区間のいずれにも属していないときには、

前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えた

請求項1ないし4のいずれかに記載の光ノード装置。

【請求項8】 一つの光ノード装置が上り光パスにおける3R発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光パス上の3R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段を備え、

前記判断する手段または前記特定する手段は、上り光パスにおいて自己が当該メッセージを受け取ったときには、上り光パスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードであると決定する手段

を備えた

請求項1ないし4のいずれかに記載の光ノード装置。

【請求項9】 光信号を交換接続する光ノード装置において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノードとそれぞれ定義し、

自己を3R発ノードとする3R区間情報を保持する手段と、

光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と

を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項10】 光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段を備えた請求項9記載の光ノード装置。

【請求項11】 光信号を交換接続する光ノード装置において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己を3R発ノードおよび3R着ノードとする3R区間情報を保持する手段と

光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであること
を示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参
照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する
光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする下り光パス上の
3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3
R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであること
を示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノー
ド装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段
を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードであるときには自己を3R着ノ
ードとする上り光パス上の3R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光
ノード装置が3R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手
段と

を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項12】 光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着
ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記
保持する手段を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自
己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノー
ドとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ
先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3R着ノードであることを
伝達するためのメッセージを送出する手段と、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであること
を示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノー
ド装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段
を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードでないときには上り光パス上の
前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであること
を当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段と

を備えた請求項11記載の光ノード装置。

【請求項13】 光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間と定義し、

前記光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する手段と

、
前記光ノード装置からの要求に応じてこの保持する手段に保持された前記3R区間情報を当該光ノード装置に提供する手段と

を備えたことを特徴とする網制御装置。

【請求項14】 光信号を交換接続する光ノード装置において、
自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して当該光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報の提供を要求して取得する手段を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項15】 前記取得する手段は、取得した前記3R区間情報の中から自己に係わる少なくとも一部の情報を選択して保持する手段を備えた請求項14記載の光ノード装置。

【請求項16】 光信号を交換接続する光ノード装置において、
3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間と定義し、

自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、
この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に他光ノード装置に広告する手段と

を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項17】 光信号を交換接続する光ノード装置において、
3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード

ド装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、

この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に自己を発ノードとしたときの着ノードまでの光パスに含まれる他光ノード装置に伝達する手段と

を備えたことを特徴とする光ノード装置。

【請求項18】 光信号を交換接続する光ノード装置において、
3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、

この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に他ノード装置に広告する手段と

を備え、

前記広告する手段による広告が自己を経由する光パスに関係する広告か否かを判断する手段が設けられ、

この判断する手段の判断結果により前記広告が前記自己を経由する光パスに関係しない広告であるときには前記広告を廃棄する手段を備え、

前記判断する手段の判断結果により前記広告が前記自己を経由する光パスに関係する広告であるときには前記広告内容を保持する手段を備えた

ことを特徴とする光ノード装置。

【請求項19】 光信号を交換接続する光ノード装置において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード

ド、当該光バスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、自己が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、

自己が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して自己が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段と

を備え、

この判断する手段は、

自己が備えた3Rトランク数をT、空き3Rトランク数の閾値をTH_T、3R着ノードまでのホップ数の閾値をTH_Hとしたときに、

$T > TH_T$ かつ $H < TH_H$

ならば3R中継を実施すると判断する手段を備えた

ことを特徴とする光ノード装置。

【請求項20】 請求項1ないし12または14ないし19のいずれかに記載の光ノード装置または請求項13記載の網制御装置を備えたことを特徴とする光ネットワーク。

【請求項21】 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、前記3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光バスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光バスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置を経由する光バス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間にて当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、

前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光バスに関する3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較し、この比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノ

ード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する

ことを特徴とする3R中継実施ノードの決定方法。

【請求項22】 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、前記3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、

前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する

ことを特徴とする3R中継実施ノードの決定方法。

【請求項23】 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、前記3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光パス上に3R発ノードを有する3R区間のいずれにも属していないときには、

前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する

ことを特徴とする3R中継実施ノードの決定方法。

【請求項24】 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノ

ードの決定方法において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、前記 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が上り光パスにおける 3 R 発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光パス上の 3 R 着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出し、

上り光パスにおいて当該メッセージを受け取った光ノード装置は、上り光パスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであると決定する

ことを特徴とする 3 R 中継実施ノードの決定方法。

【請求項 25】 光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの決定方法において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノードとそれぞれ定義し、

3 R 発ノードに相当する光ノード装置は自己に関わる 3 R 区間情報を保持し、光パス設定要求に含まれる 3 R 着ノードであることを示すメッセージを受けて当該光ノード装置が着ノードでないときには前記 3 R 区間情報を参照し自己が当該光パス上の 3 R 発ノードであるときには 3 R 中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を 3 R 発ノードとする光パス上の 3 R 区間の 3 R 着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が 3 R 着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する

ことを特徴とする3R中継実施ノードの決定方法。

【請求項26】 光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する

請求項25記載の3R中継実施ノードの決定方法。

【請求項27】 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己を3R発ノードおよび3R着ノードとする3R区間情報を保持し、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする下り光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを出し、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードであるときには自己を3R着ノードとする上り光パス上の3R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光

ノード装置が3R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する
ことを特徴とする3R中継実施ノードの決定方法。

【請求項28】 光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着
ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記
3R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自
己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノー
ドとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ
先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3R着ノードであることを
伝達するためのメッセージを送出し、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであること
を示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノー
ド装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3R区間情報
を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードでないときには上り光パス上の
前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであること
を当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する

請求項27記載の3R中継実施ノードの決定方法。

【請求項29】 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノ
ードの決定方法において、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該
3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる
光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノー
ド、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホ
ップ数をH、当該一つの光ノード装置が備えた3Rトランク数をT、空き3Rト
ランク数の閾値をTH_T、3R着ノードまでのホップ数の閾値をTH_Hとし
たときに、

$$T > TH_T \text{かつ} H < TH_H$$

ならば前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定
する

ことを特徴とする3R中継実施ノードの決定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光信号を交換接続する光ネットワークを利用する。特に、3R(Reshaping, Retiming, Regenerating)中継を行う光ノード装置を含む光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】

光ネットワークでは、ファイバの損失やロス、クロストークを考慮して光伝送路の途中で3R中継を施す必要がある。従来の光ネットワーク構成を図47に示す。3R中継を施すためには光伝送路途中の光ノード装置に3R中継器を挿入する。実際には、3R中継を行わなくてもある程度の距離まで伝送可能であるので、全ての光ノード装置に3R中継器を設置しなくてもよいはずであるが、3R中継を行わなくても伝送可能な距離は、光ノード装置が有する光デバイスの性能、光ノード装置間の光ファイバの材質、あるいは、使用波長などにより異なるため、その距離は一律には定まらず、光ネットワーク全体にわたり3R中継を行わなくても伝送可能な距離を求める効率的な方法がなく、従来は、図47に示すように、各段毎に3R中継器を挿入し、如何なるルートにパスが設定されても光信号の劣化を補うことができるようしている（例えば、非特許文献1、2、3参照）。

【0003】

【非特許文献1】

大木英司、島崎大作、塩本公平、松浦伸昭、今宿亘、山中直明、「分散制御によるダイナミック波長変換GMPLSネットワークの性能評価」、信学技報、社団法人電子情報通信学会、2002年2月、p. 5-10

【非特許文献2】

Ken-ichi Sato, Naoaki Yamanaka, Yoshihiro Takigawa, Masafumi Koga, Satoru Okamoto, Kohei Shiomoto, Eiji Oki, Wataru Imajuku, "GMPLS-Based Photonic Mul

tilayer Router(Hikari Router) Architecture: An Overview of Traffic Engineering and Signaling Technology", IEEE Communications Magazine, March 2002, p. 96-101

【非特許文献3】

Eiji Oki, Daisaku Shimazaki, Kohei Shiromoto, Nobuaki Matsuura, Wataru Imauku, Naoaki Yamanaka, "Performance of Distributed-Controlled Dynamic Wavelength-Conversion GMPLS Networks", First International Conference on Optical Communications and Networks 2002, November 11-14, 2002, Shangri-La Hotel, Singapore

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

3R中継器は高価であり、この3R中継器をできるだけ使用しないと光ネットワークはきわめて経済的に実現できる。しかし、従来は、3R中継を行わなくても伝送可能な距離を光ネットワーク全体にわたり求める有効な方法がないため、3R中継器を備えなくてもよい箇所を求めることができない。

【0005】

さらに、従来は、各光ノード装置で、当該光ノード装置を経由する全ての光パスについて3R中継を施しており、このためには、3R中継器の3R中継能力も多数の光パスに対して同時に3R中継を行える能力が必要になり、低コスト化を図ることが困難である。

【0006】

本発明は、このような背景に行われたものであって、必要最小数あるいは必要最小能力の3R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる光ノード装置および光ネットワークを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、3R中継を行わずにデータ伝送できる区間である3R区間を効率的に利用することにより、3R中継を必要としない箇所に3R中継器を設置する無

駄を省き、ネットワークリソースの有効利用を図り、光ネットワークのコストを安価にすることができる。あるいは、3R中継が必要となる箇所を特定することにより、3R中継器を備えた光ノード装置を経由する複数の光パスの中から真に当該光ノード装置で3R中継を必要としている光パスを抽出し、当該光パスに対してだけ、3R中継を施すことができるため、3R中継器の能力を小さくすることができるので、ネットワークリソースの有効利用を図り、光ネットワークのコストを安価にすることができる。

【0008】

なお、以下の説明では、3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義する。

【0009】

すなわち、本発明の第一の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置であつて、本発明の特徴とするところは、自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する手段と、この保持する手段に保持された前記3R区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際し自己が3R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段とを備えたところにある。

【0010】

このように、各光ノード装置が3R区間情報を保持することにより、自己に光パスが設定された際には、当該光パスの発ノードがわかれれば、自己が当該光パスを伝送される光信号に対して3R中継を実施するか否かを自律的に判断することができる。

【0011】

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する手段と、この保持する手段に保持された

前記3R区間情報を参照して自己が発ノードであるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3R中継を実施する他光ノード装置を特定する手段と、この特定する手段により特定された前記他光ノード装置に対して自己が発ノードである光パスの設定に際し3R中継の実施を要求する手段とを備えてよい。

【0012】

これによれば、発ノード以外の光ノード装置では、3R中継を実施するか否かの判断をしなくてもよいので、その分の処理負荷を軽減させることができる。例えば、自光ノード装置内を多数の光パスが経由しており、それら全ての光パスについて、3R中継を実施するか否か判断していたのでは、処理負荷が膨大になってしまう場合に、自光ノード装置が発ノードとなっている光パスについてだけ、着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3R中継を実施する他光ノード装置を特定することにすれば、処理負荷を軽減させることができる。また、この場合には、発ノードに相当する光ノード装置だけが3R区間情報を保持するればよく、情報記憶リソースを有効利用することができる。

【0013】

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が前記発ノードと前記着ノードとの間の光パスが経由する光ノード装置であるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する手段と、前記保持する手段に保持された前記3R区間情報に基づき自己が当該光パスに関して3R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段とを備えてよい。

【0014】

これによれば、各光ノード装置は、自己を経由する光パスが存在するときのみ、3R区間情報を保持するので、情報記憶リソースを有効に活用することができる。

【0015】

また、前記光パスが双方向光パスであるときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、下り光パスおよび上り光パスの双方向についてそれぞれ3R中継を実施する光ノード装置を決定する手段を備えることが望ましい。

【0016】

これによれば、双方向光パス設定のシグナリングの際に、上り下り双方向の3R中継を実施する光ノード装置を決定することができ、シグナリング終了直後から光信号を伝送することができるので、光パス設定の高速化を図ることができる。

【0017】

また、一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間にて当該光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに關係する3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する手段と、この比較する手段の比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段とを備えることが望ましい。

【0018】

これによれば、可能な限り少ない3R中継実施数により光信号を伝送することができるので、必要最小数あるいは必要最小能力の3R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる。

【0019】

また、一つの光ノード装置が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えることが望ましい。

【0020】

これによれば、一つの光ノード装置が3R着ノードであり、当該一つの光ノード装置が自己から先の3R区間情報を保持していない場合でも滞ることなく3R中継伝送を実現できる。

【0021】

また、一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光バス上に3R発ノードを有する3R区間のいずれにも属していないときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えることが望ましい。

【0022】

また、一つの光ノード装置が上り光バスにおける3R発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光バス上の3R着ノードでないときには上り光バス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段を備え、前記判断する手段または前記特定する手段は、上り光バスにおいて自己が当該メッセージを受け取ったときには、上り光バスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードであると決定する手段を備えることが望ましい。

【0023】

これによれば、既存の3R区間情報のいずれにも該当しない光ノード装置であっても、滞り無く3R中継を行うことができる。したがって、光ネットワークの全区間に亘して3R区間情報を保持するのではなく、要所の3R区間情報だけを保持すればよいので、3R区間情報を効率良く保持することができる。

【0024】

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己を3R発ノードとする3R区間情報を保持する手段と、光バス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光バス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード

ド装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段とを備えることもできる

,

【0025】

これによれば、自己に無関係な3R区間情報までも保持する必要がなく、情報記憶リソースを有効に利用することができる。

【0026】

さらに、光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段を備えることが望ましい。

【0027】

これにより、3R発ノードは、自己に関わる3R着ノードまでの3R区間情報しか保持していなくても、当該3R着ノード以降の3R中継伝送を滞りなく実現することができる。

【0028】

なお、この場合には、自己を3R発ノードとする3R区間情報を保持しているが、それ以外の3R区間情報を保持していないので、光パス設定要求に含まれるメッセージによって、自己が3R発ノードまたは3R着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

【0029】

例えば、ある光パスにおける3R区間の3R発ノードである光ノード装置に対し、光パス設定要求が到着したときに、当該光パス設定要求によって設定される光パスでは、当該光ノード装置が保持する3R区間以外の3R区間が適用される場合もあり得る。しかし、そのことを当該光ノード装置が有する3R区間情報か

ら判断することは困難である。よって、光バス設定要求に含まれるメッセージによって、光ノード装置は、自己が3R発ノードまたは3R着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

【0030】

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己を3R発ノードおよび3R着ノードとする3R区間情報を保持する手段と、光バス設定要求に含まれる自己が下り光バスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該下り光バス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする下り光バス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と、光バス設定要求に含まれる自己が上り光バスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該上り光バス上の3R着ノードであるときには自己を3R着ノードとする上り光バス上の3R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段とを備えることもできる。

【0031】

これによれば、自己に無関係な3R区間情報を保持する必要がなく、情報記憶リソースを有効利用しながら、双方向光バスにおける3R中継を実施する光ノード装置を設定することができる。

【0032】

さらに、光バス設定要求に含まれる自己が下り光バスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該下り光バス上の3R発ノードでないときには自己を下り光バス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3R着ノードであることを伝達する

ためのメッセージを送出する手段と、光バス設定要求に含まれる自己が上り光バスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該上り光バス上の3R着ノードでないときには上り光バス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段とを備えることが望ましい。

【0033】

これによれば、自己が3R区間情報を保持していない光ノード装置においても滞ることなく双方向光バスにおける3R中継伝送を実現できる。

【0034】

なお、この場合には、自己を3R発ノードおよび3R着ノードとする3R区間情報を保持しているが、それ以外の3R区間情報を保持していないので、光バス設定要求に含まれるメッセージによって、自己が3R発ノードまたは3R着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

【0035】

例えば、ある光バスにおける3R区間の3R発ノードまたは3R着ノードである光ノード装置に対し、光バス設定要求が到着したときに、当該光バス設定要求によって設定される光バスでは、当該光ノード装置が保持する3R区間以外の3R区間が適用される場合もあり得る。しかし、そのことを当該光ノード装置が有する3R区間情報から判断することは困難である。よって、光バス設定要求に含まれるメッセージによって、光ノード装置は、自己が3R発ノードまたは3R着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

【0036】

本発明の第二の観点は、光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置である。

【0037】

ここで、本発明の特徴とするところは、前記光ネットワークのトポロジ情報に

対応する3R区間情報を保持する手段と、前記光ノード装置からの要求に応じてこの保持する手段に保持された前記3R区間情報を当該光ノード装置に提供する手段とを備えたところにある。

【0038】

また、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して当該光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報の提供を要求して取得する手段を備える。

【0039】

さらに、前記取得する手段は、取得した前記3R区間情報の中から自己に係わる少なくとも一部の情報を選択して保持する手段を備えることが望ましい。

【0040】

すなわち、本発明では、全光ノード装置が同一の3R区間情報を保持するケース、自光ノード装置を経由する光パスが存在する光ノード装置が3R区間情報を保持するケース、光パスの発ノードが3R区間情報を保持するケース、3R発ノードまたは3R着ノードが自己に関わる3R区間情報を保持するケースがある。

【0041】

これらの各ケースに柔軟に対応するためには、各光ノード装置が要求する3R区間情報を速やかに、各光ノード装置に提供する手段があれば便利である。例えば、網制御装置を設け、この網制御装置が各光ノード装置の要求に応じて必要な3R区間情報を各光ノード装置に提供する構成とすることにより、各光ノード装置は、自己が必要とする3R区間情報を速やかに取得することができる。

【0042】

例えば、全光ノード装置が共通に3R区間情報を保持する場合には、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に他光ノード装置に広告する手段とを備える。

【0043】

これによれば、網制御装置に3R区間情報を要求して取得する光ノード装置は

、一部の光ノード装置とし、網制御装置から3R区間情報を取得した一部の光ノード装置が他の光ノード装置に広告することにより全光ノード装置が共通の3R区間情報を保持することができる。このような方式は、全光ノード装置が個々に網制御装置に3R区間情報を要求して取得する場合と比較してネットワークリンクの有効利用が図れる場合に適用することが望ましい。

【0044】

例えば、発ノードと着ノードとの間の経路上の光ノード装置が3R区間情報を保持する場合には、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に自己を発ノードとしたときの着ノードまでの光パスに含まれる他光ノード装置に伝達する手段とを備える。

【0045】

これによれば、網制御装置に発ノードに相当する光ノード装置が3R区間情報を要求して取得し、取得した3R区間情報を経路上の他光ノード装置に伝達することができるため、経路上の光ノード装置が個々に網制御装置に対して3R区間情報を要求して取得する場合と比較して網制御装置および経路上の光ノード装置の処理負荷を軽減させることができる。

【0046】

あるいは、発ノードと着ノードとの間の経路上の光ノード装置が3R区間情報を保持する場合には、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に他ノード装置に広告する手段とを備え、前記広告する手段による広告が自己を経由する光パスに関係する広告か否かを判断する手段が設けられ、この判断する手段の判断結果により前記広告が前記自己を経由する光パスに関係しない広告であるときには前記広告を廃棄する手段を備え、前記判断する手段の判断結果により前記広告が前記

自己を経由する光バスに関係する広告であるときには前記広告内容を保持する手段を備えることもできる。

【0047】

これによれば、網制御装置に発ノードに相当する光ノード装置が3R区間情報を要求して取得し、取得した3R区間情報を他光ノード装置に広告する。このときに、発ノードに相当する光ノード装置は、広告先を経路上の他光ノード装置に限定する必要はなく、このような限定に要する処理負荷を削減することができる。広告を受け取った光ノード装置は、自己に無関係な広告である場合には、これを廃棄すればよい。

【0048】

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、自己が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して自己が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、この判断する手段は、自己が備えた3Rトランク数をT、空き3Rトランク数の閾値をTH_T、3R着ノードまでのホップ数の閾値をTH_Hとしたときに、

$$T > TH_T \text{かつ} H < TH_H$$

ならば3R中継を実施すると判断する手段を備えたことを特徴とする。

【0049】

すなわち、自光ノード装置が3R着ノードではないが、わずか数ホップ先が3R着ノードであり、自己の3Rトランクの処理能力に余裕がある場合には、自己が3R着ノードに代わって3R中継を実施することにより、3R着ノード（すなわち次3R区間の3R発ノード）に相当する光ノード装置の3R中継負荷を軽減させることができる。

【0050】

閾値TH_TおよびTH_Hは、自光ノード装置または3R着ノードに相当する光ノード装置の3R中継能力に応じて適宜設定する。例えば、次3R区間の3R発ノードの3Rトランク数が自光ノード装置の3Rトランク数と比較して少なければ少ないほど、自光ノード装置が次3R区間の3R発ノードの3R中継を援

助する必要性が大きくなるので、TH_Tは小さく設定し、少しでも自光ノード装置の3Rトランクに空きが生じれば自光ノード装置が3R中継を実施して次3R区間の3R発ノードの3R中継を援助することが望ましい。しかし、次3R区間の3R発ノードまでのホップ数が大きい場合には、自光ノード装置の3Rトランク数に余裕があったとしても、自光ノード装置が次3R区間の3R発ノードに代わって3R中継を実施してしまっては、着ノードまでの3R実施回数が増加する可能性が生じる。そこで、TH_Hは、小さい方が望ましい。

【0051】

このように、TH_TおよびTH_Hは、3R区間全体のホップ数および3R着ノード、すなわち次3R区間の3R発ノードの3Rトランク数を考慮して適宜設定する。

【0052】

本発明の第三の観点は、本発明の光ノード装置または本発明の網制御装置を備えたことを特徴とする光ネットワークである。

【0053】

本発明の第四の観点は、3R中継実施ノードの決定方法であって、本発明の特徴とするところは、一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に關して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに關係する3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較し、この比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないとときには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定するところにある。

【0054】

あるいは、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が3R着ノードに相當する光ノード装置であり、着ノードではないときには、前記

一つの光ノード装置を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定することを特徴とする。

【0055】

あるいは、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光バス上に3R発ノードを有する3R区間のいずれにも属していないときには、前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定することを特徴とする。

【0056】

あるいは、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が上り光バスにおける3R発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光バス上の3R着ノードでないときには上り光バス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを出し、上り光バスにおいて当該メッセージを受け取った光ノード装置は、上り光バスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードであると決定することを特徴とする。

【0057】

あるいは、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、3R発ノードに相当する光ノード装置は自己に関わる3R区間情報を保持し、光バス設定要求に含まれる3R着ノードであることを示すメッセージを受けて当該光ノード装置が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該光バス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする光バス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出することを特徴とする。

【0058】

さらに、光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出することが望ましい。

【0059】

あるいは、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、自己を3R発ノードおよび3R着ノードとする3R区間情報を保持し、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする下り光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを出し、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードであるときには自己を3R着ノードとする上り光パス上の3R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出することを特徴とする。

【0060】

さらに、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを出し、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける

る3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該上り光バス上の3R着ノードでないときには上り光バス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出することが望ましい。

【0061】

あるいは、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数をH、当該一つの光ノード装置が備えた3Rトランク数をT、空き3Rトランク数の閾値をTH_T、3R着ノードまでのホップ数の閾値をTH_Hとしたときに、

$$T > TH_T \text{かつ} H < TH_H$$

ならば前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定することを特徴とする。

【0062】

【発明の実施の形態】

本発明実施例を説明するのに先立って、3R区間、3R発ノード、3R着ノードの表記について図1ないし図3を参照して説明する。図1は3R発ノード、3R着ノード、3R区間の表記を説明するための図である。図2は3R区間の性質を説明するための図である。図3は光ネットワークのトポロジ情報に対応した3R区間情報の一例を示す図である。図1に示すように、本実施例では、3R発ノードを黒く塗り潰した丸、3R着ノードをハッチングを施した丸で表記する。

【0063】

また、光ノード装置2と5との間が3R区間であるが、その間に含まれる全ての光ノード装置2、3、4、5相互間もまた3R区間であるとは限らない。その理由は、各光ノード装置の有する発光素子および受光素子の能力は同一とは限らないからである。

【0064】

すなわち、光ノード装置2の発光素子から発射された光信号が光ノード装置5

の受光素子により途中における3R中継の必要無く受光された場合に、例えば、光ノード装置3の発光素子は光ノード装置2の発光素子と比較して半分以下の光信号強度しか出力できないとしたら、光ノード装置3と5との間は、必ずしも3R区間にはならない。あるいは、光ノード装置4の受光素子は、光ノード装置5の受光素子と比較して半分以下の受光感度しか持たないとしたら、光ノード装置2と4との間は、必ずしも3R区間にはならない。また、光ノード装置5を3R発ノードとし、光ノード装置2を3R着ノードとした区間についても、上り下りで必ずしも同じ発光素子または受光素子を用いているとは限らず、光信号強度または受光感度が異なる場合があり、必ずしも3R区間にはならない。したがって、図2に示すように、3R区間の表記は、他の3R区間と一部または全部が重複して表記される場合もある。

【0065】

このようにして設定された3R区間情報は、図3に示すように、光ネットワークのトポロジ情報に対応して表記される。図3の例では、3R発ノードとして、光ノード装置1、3、11、13が指定されている。このような3R発ノードの指定は、光ネットワークの管理者が行うものであり、例えば、トラヒック需要が多い光パスの発ノードが3R発ノードとして指定される。

【0066】

なお、隣接する光ノード装置間の1ホップの区間は、明らかに3R区間として機能するが、本発明では、あらかじめ指定した3R発ノードと3R着ノードとの間を3R区間として設定する。また、あらかじめ3R区間が設定されていない光ノード装置間に光パスを設定する際には、臨時に3R区間を設定する必要が生じる場合もあるが、そのような場合には、所定の判断ポリシに基づき一時的に3R区間を設定する。このような場合には、自明の3R区間として1ホップずつ3R区間を設定する。

【0067】

(第一実施例)

第一実施例の光ノード装置を図3ないし図10を参照して説明する。図4は第一実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図5および図9は光ネット

トワークに設定された光パスと3R区間とを示す図である。図6は3R中継実施判断部21のブロック構成図である。図7は3R実施シミュレート部の動作を説明するための図である。図8および図10は第一実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

【0068】

第一実施例の光ノード装置は、図4に示すように、図3に示した自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照して自己を経由する光パスが設定されたときには自己が3R中継を実施する光ノード装置が否かを自律的に判断する3R中継実施判断部21とを備えたことを特徴とする。

【0069】

第一実施例では、各光ノード装置が自律的に自己が3R中継実施ノードであるか否かを判断するのであるから、各光ノード装置がそれぞれ3R区間情報を保持する必要がある。ただし、光パス設定に関わらない光ノード装置までもが3R区間情報を保持する必要はないので、光パス設定に関わる経路上の光ノード装置だけが3R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

【0070】

次に、第一実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図5に示すように、光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする光パスの発ノードであることを認識し、光ノード装置1が3R中継を実施すると判断する。

【0071】

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装

置1が3R発ノードであることを示すDITR(Downstream Ingress Three R)=1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

【0072】

光ノード装置1からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置2の光パス設定部22は、光ノード装置2が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置2の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置2は3R発ノードでなく、また、光ノード装置1からDITR=1が届いており、光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置4までが3R区間であることがわかるので、光ノード装置2は3R中継を実施しないと判断する。

【0073】

光ノード装置2の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け光パス設定のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置3に対する光パス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置2は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのDITR=1をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0074】

光ノード装置2からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置3の光パス設定部22は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置3の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置3は、光ノード装置3から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいし、あるいは、光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間においては3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

【0075】

このような場合には、光ノード装置3の3R中継実施判断部21は、図6に示

す3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。すなわち、3R実施シミュレート部23では、図7に示すように、光ノード装置3が3R中継を実施した場合と、実施しなかった場合との各ケースについて、3R区間を設定する。実施した場合には、図7に示すように、自己が3R発ノードとなり、着ノードである光ノード装置14が3R着ノードとなる3R区間情報が存在するので、1つの3R区間が設定される。故に、3R実施回数は1回になる。

【0076】

光ノード装置3が3R中継を実施しなかった場合には、光ノード装置4が3R着ノードとなる。ここで、3R実施シミュレート部23は、光ノード装置4の3R中継実施判断部21の判断をシミュレートする。光ノード装置4の3R中継実施判断部21の判断ポリシとしては「自己が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、自己を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」というものである。

【0077】

すなわち「光ノード装置4の3R中継実施判断部21は、自己が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないので、自己を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置5を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」ことがシミュレートされる。したがって、光ノード装置4が3R着ノードになると、光ノード装置4を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置5を3R着ノードとして光ノード装置4が3R中継を実施すると判断する。

【0078】

次に、3R実施シミュレート部23は、光ノード装置5の3R中継実施判断部21の判断をシミュレートする。光ノード装置5の3R中継実施判断部21の判断ポリシとしては「自己が自己を経由する光パス上に3R発ノードを有する3R区間のいずれにも属していないときには、自己を3R発ノードとし自己の次ホッ

祖先の光ノード装置を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」というものである。

【0079】

すなわち「光ノード装置5の3R中継実施判断部21は、自己は、自己を経由する光パス上の3R発ノードを有する3R区間のいずれにも自己が属していないので、自己を3R発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置14を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」ことがシミュレートされる。したがって、光ノード装置5を3R発ノードとし光ノード装置5の次ホップ先の光ノード装置14を3R着ノードとして光ノード装置5が3R中継を実施することがわかる。故に、3R実施回数は2回になる。

【0080】

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施判断部21では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は3R中継を実施すると判断する。

【0081】

なお、このようなシミュレーションは、原則として、一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に關して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには行うこととする。これは他実施例でも同様である。

【0082】

光ノード装置3の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置4に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置3が3R発ノードであることを示すDITR=3というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

【0083】

光ノード装置3からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置4の光パス設定部22は、光ノード装置4が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置4の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置4は3R着ノードであり、また、光ノード装置3からDITR=3が届いており、光ノード装置3が3R発ノードとなれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置4は3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0084】

光ノード装置4の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け光パス設定のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置5に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置4は3R中継を実施しないので、光ノード装置3からのDITR=3をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0085】

光ノード装置4からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置5の光パス設定部22は、光ノード装置5が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置5の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置5は3R発ノードでなく、また、光ノード装置4からDITR=3が届いており、光ノード装置3が3R発ノードとなれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置5は3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0086】

光ノード装置5の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け光パス設定のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置14に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置5は3R中継を実施しないので、光ノード装置4からのDITR=3をそのまま光パス設定

要求に搭載する。

【0087】

光ノード装置5からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14の光パス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので3R中継を実施する必要ないと判断する。

【0088】

光ノード装置14の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けてパス設定のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知（Rev）を送出する。

【0089】

この光パス設定完了通知（Rev）は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、2、3、4、5、14が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

【0090】

次に、第一実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図9に示すように、光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする光パスの発ノードであることを認識し、光ノード装置1が3R中継を実施すると判断する。

【0091】

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置10に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置10

ド装置1が3R発ノードであることを示すDITR=1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

【0092】

光ノード装置1からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置10の光パス設定部22は、光ノード装置10が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置10の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置10は3R発ノードでなく、また、光ノード装置1からDITR=1が届いており、光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置11までが3R区間であることがわかるので、光ノード装置10は3R中継を実施しないと判断する。

【0093】

光ノード装置10の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置11に対する光パス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置10は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのDITR=1をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0094】

光ノード装置10からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置11の光パス設定部22は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置11の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置11は、光ノード装置11から13までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。

【0095】

光ノード装置11の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置12に対する光パス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置11が3R発ノードであることを示すDITR=11というメッセージ

を光パス設定要求に搭載する。

【0096】

光ノード装置11からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置12の光パス設定部22は、光ノード装置12が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置12の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置12は3R発ノードでも3R着ノードでもなく、3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0097】

光ノード装置12の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置13に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置12は3R中継を実施しないので、光ノード装置11からのDITR=11をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0098】

光ノード装置12からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置13の光パス設定部22は、光ノード装置13が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置13の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置13は3R発ノードであり、3R中継を実施すると判断する。

【0099】

光ノード装置13の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置14に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置13は3R中継を実施するので、DITR=13を光パス設定要求に搭載する。

【0100】

光ノード装置13からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装

置14の光パス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0101】

光ノード装置14の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けてパス設定のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置13に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。

【0102】

この光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置13→12→11→10→1と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、10、11、12、13、14が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

【0103】

（第二実施例）

本発明第二実施例の光ノード装置を図3、図5、図6、図9、図11、図12、図13を参照して説明する。図11は第二実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図12および図13は第二実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

【0104】

第二実施例の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照して自己が発ノードであるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3R中継を実施する他光ノード装置を特定する3R中継実施ノード特定部25と、この3R中継実施ノード特定部25により特定された他光ノード装置に対して自己が発ノードである光パスに対する3R中継の実施を要求する3R中継実施要求部26とを備えたことを特徴とする。

【0105】

第二実施例では、発ノードに相当する光ノード装置が3R中継実施ノードを特定するのであるから、とりありて発ノードに相当する光ノード装置が3R区間情報を保持していればよく、第一実施例のように、全光ノード装置あるいは光パス設定に関わる複数の光ノード装置が3R区間情報を保持する必要はない。したがって、発ノードに相当する光ノード装置だけが3R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

【0106】

次に、第二実施例の光ノード装置の動作を説明する。3R区間情報保持部20には、図3に示した3R区間情報が保持されている。光ノード装置1の光パス設定部22は、光ノード装置1を発ノードとし、光ノード装置14を着ノードとして、これから図5に示すように光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）の設定を試みるところである。光パス設定部22は、3R中継実施ノード特定部25に、自光ノード装置1以外の3R中継を実施する光ノード装置の特定を要求する。

【0107】

ここで、3R中継実施ノード特定部25における3R中継を実施する光ノード装置の特定アルゴリズムを説明する。光ノード装置2については、3R発ノードでなく、また、光ノード装置1が3R中継を実施するので光ノード装置2は3R中継を実施しないと判断する。光ノード装置3については、光ノード装置3から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいし、あるいは、光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間においては3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよい。

【0108】

このような場合には、3R中継実施ノード特定部25は、図6に示す3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第一実施例

同様である。

【0109】

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施ノード特定部25では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は3R中継を実施すると判断する。

【0110】

光ノード装置4については、3R着ノードなので3R中継は実施しないと判断する。また、光ノード装置5については、3R発ノードでないので3R中継は実施しないと判断する。また、光ノード装置14については、着ノードなので3R中継は実施しないと判断する。

【0111】

このようにして、発ノードである光ノード装置1が光ノード装置1から14までの光パスにおける3R中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置1は、自己が特定した3R中継を実施する光ノード装置3に対して3R中継実施要求部26から3R中継実施要求としてETR(Explicit Three R)=3を出力する。

【0112】

3R中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図12に示すように、光ノード装置1の光パス設定部22は、光パス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置1は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置2に対して光パス設定要求(Path)を送出する。この際に、光パス設定要求にはETR=3を搭載する。

【0113】

光ノード装置1からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置2は、ETR=3を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置3に対して光

パス設定要求（Path）を送出する。この際に、光ノード装置1から届いたETR=3をそのまま搭載する。

【0114】

光ノード装置2からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置3は、ETR=3を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置であること認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置4に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、ETR=3は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光ノード装置3以降には伝達されない。

【0115】

光ノード装置3からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置4は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定要求（Path）を送出する。光ノード装置4からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置5は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求（Path）を送出する。光ノード装置5からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達されて光パス設定が完了する。

【0116】

次に、第二実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。図9および図13を参照して発ノードと着ノードとの間の光パス上で2回の3R中継を実施する場合の例を説明する。3R区間情報保持部20には、図3に示した3R区間情報が保持されている。光ノード装置1の光パス設定部22は、光ノード装置1を発ノードとし、光ノード装置14を着ノードとして、これから図9に示すように光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）の設定を試みるところである。光パス設定部22は、3R中継実施ノード特定部25に、自光ノード装置1以外の3R中継を実施する光ノード装置の特定を要求する。

【0117】

ここで、3R中継実施ノード特定部25における3R中継を実施する光ノード装置の特定アルゴリズムを説明する。光ノード装置10については、3R発ノードでなく、また、光ノード装置1が3R中継を実施するので光ノード装置10は3R中継を実施しないと判断する。光ノード装置11については、光ノード装置11から13までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。光ノード装置12については、3R発ノードでないので3R中継は実施しないと判断する。光ノード装置13については、光ノード装置13から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。光ノード装置14については、着ノードなので3R中継は実施しないと判断する。

【0118】

このようにして、発ノードである光ノード装置1が光ノード装置1から14までの光パスにおける3R中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置1は、自己が特定した3R中継を実施する光ノード装置3に対して3R中継実施要求部26から3R中継実施要求としてETR=11, 13を出力する。

【0119】

3R中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図13に示すように、光ノード装置1の光パス設定部22は、光パス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置1は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置10に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際に、光パス設定要求にはETR=11, 13を搭載する。

【0120】

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置10は、ETR=11, 13を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置11に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際に、光ノード装置1から届いたETR=11, 13をそのまま搭載する。

【0121】

光ノード装置10からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装

置11は、ETR=11, 13を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置12に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、ETR=11は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはETR=13が搭載される。

【0122】

光ノード装置11からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置12は、ETR=13を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置13に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際に、光ノード装置11から届いたETR=13をそのまま搭載する。

【0123】

光ノード装置12からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置13は、ETR=13を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、ETR=13は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光ノード装置14には伝達されない。

【0124】

光ノード装置13からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置13に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置13→12→11→10→1と伝達されて光パス設定が完了する。

【0125】

このように、発ノードとなる光ノード装置が着ノードまでの光パス上で3R中継を実施する光ノード装置を特定するので、当該光パス上の他光ノード装置は、単に、発ノードからの指示にしたがえばよく、計算負荷を軽減することができる。また、発ノードとなる光ノード装置以外の光ノード装置は、3R区間情報を保

持しなくてよく、情報記憶リソースを有効利用できる。

【0126】

(第三実施例)

第三実施例の光ノード装置を図4、図14、図15、図16、図18、図19を参照して説明する。図14は第三実施例の3R区間情報を示す図である。図15、図18は光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図である。図16、図19は第三実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

【0127】

第三実施例は、双方向光パスにおいて、3R中継を実施する光ノード装置を上り光パスおよび下り光パスの双方共にシグナリング時に設定する例を説明する。第三実施例の光ノード装置は、図4に示す構成として説明する。図4に示す構成では、各光ノード装置が同一の3R区間情報を保持して自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断する構成である。3R区間情報保持部20には、図14に示す3R区間情報が保持されている。

【0128】

第三実施例では、第一実施例と同様に、各光ノード装置が自律的に自己が3R中継実施ノードであるか否かを判断するのであるから、各光ノード装置がそれぞれ3R区間情報を保持する必要がある。ただし、光パス設定に関わらない光ノード装置までもが3R区間情報を保持する必要はないので、光パス設定に関わる経路上の光ノード装置だけが3R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

【0129】

次に、第三実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図15に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識

し、光ノード装置1が下り光バスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0130】

光ノード装置1の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け下り光バス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置2に対する光バス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が下り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを示すDITR=1というメッセージを光バス設定要求に搭載する。

【0131】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光バスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光バスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0132】

光ノード装置1の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け上り光バス設定のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置2に対する光バス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が上り光バスにおける3R着ノードであることを示すUETR（Upstream Egress Three R）=1というメッセージを光バス設定要求に搭載する。

【0133】

光ノード装置1からの光バス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置2の光バス設定部22は、光ノード装置2が上りまたは下り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置2の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、上りまたは下り光バスにおいて光ノード装置2は3R発ノードでなく、また、光ノード装置1からDITR=1が届いており、下り光バスにおいては光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置4までが3R区間であることがわかるので光ノード装置2は3R中継を実施しないと判断する。また、光ノード装置1からUETR=1が届いており、上り光バスにおいては光ノード装置1が3R着ノードであり、3R区間情報によれば、光ノード装置2は3R中継を実施すると判断する。

ド装置4が光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、光ノード装置2は上り光バスにおいても3R中継を実施しないと判断する。

【0134】

光ノード装置2の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け下りおよび上り光バス設定のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置3に対する光バス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置2は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのDITR=1、UTR=1をそのまま光バス設定要求に搭載する。

【0135】

光ノード装置2からの光バス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置3の光バス設定部22は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置3の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置3は、下り光バスにおいて光ノード装置3から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいし、あるいは、下り光バスにおいて光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間においては3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

【0136】

このような場合には、光ノード装置3の3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの光バスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第一実施例と同様である。

【0137】

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が下り光バスにおいて3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわ

かるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施判断部21では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は下り光バスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0138】

さらに、3R中継実施判断部21は、光ノード装置3は、上り光バスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置2からUETR=1が届いており、光ノード装置1を3R着ノードとすれば、光ノード装置4が3R発ノードであることがわかるので、上り光バスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0139】

光ノード装置3の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け、光バス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置4に対する光バス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置3が下り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを示すDITR=3というメッセージを光バス設定要求に搭載する。また、光ノード装置3は上り光バスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置2から届いたUETR=1をそのまま光バス設定要求に搭載する。

【0140】

光ノード装置3からの光バス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置4の光バス設定部22は、光ノード装置4が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置4の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置4は下り光バスにおいて3R着ノードであり、また、光ノード装置3からDITR=3が届いており、光ノード装置3が下り光バスにおける3R発ノードであれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置4は3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0141】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、また、光ノード装置3からUETR=1が届いていること

から、光ノード装置4は上り光バスにおいて光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、上り光バスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0142】

光ノード装置4の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光バス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置5に対する光バス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置4は下り光バスにおいて3R中継を実施しないので、光ノード装置3からのDITR=3をそのまま光バス設定要求に搭載する。

【0143】

また、光ノード装置4の光バス設定部22は、上り光バスにおける3R発ノードであるが着ノードでなく、また、光ノード装置4が当該上り光バス上の3R着ノードでないので、光ノード装置5が光ノード装置4を3R着ノードとした3R発ノードであることを光ノード装置5に伝達するためのメッセージとしてUETR=4を光バス設定要求に搭載する。

【0144】

光ノード装置4からの光バス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置5の光バス設定部22は、光ノード装置5が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置5の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置5は下り光バスの3R発ノードでなく、また、光ノード装置4からDITR=3が届いており、光ノード装置3が3R発ノードであれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置5は3R中継を実施しないと判断する。また、3R中継実施判断部21は、3R区間情報を参照すると共にUETR=4を受け取り、上り光バスにおいて光ノード装置5がUETR=4の送出元の光ノード装置4を3R着ノードとした3R発ノードであることを認識し、上り光バスにおける3R中継を実施すると判断する。

【0145】

光ノード装置5の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け

て光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置14に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置5は下り光パスにおいては3R中継を実施しないので、光ノード装置4からのDITR=3をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0146】

また、光ノード装置5は上り光パスにおいては3R発ノードであるが、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置5を3R着ノードとした3R区間が設定されていない。このような場合には光ノード装置14は「自己を経由する光パス上の3R発ノードを有する3R区間のいずれにも自己が属していないときには、自己を3R発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシに基づき3R発ノードとなる必要がある。そこで、光ノード装置5が3R着ノードであることを示すUETR=5を光パス要求に搭載する。

【0147】

光ノード装置5からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14の光パス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置5からUETR=5が届いており、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置5を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

【0148】

光ノード装置14の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。

【0149】

この光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、2、

3、4、5、14が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

【0150】

次に、第三実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図18に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0151】

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて下り光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを示すDITR=1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

【0152】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0153】

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて上り光パス設定のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が上り光パスにおける3R着ノードであることを示すUETR=1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

【0154】

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置10の光パス設定部22は、光ノード装置10が上りまたは下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置10の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、上りまたは下り光パスにおいて光ノード装置10は3R発ノードでなく、また、光ノード装置1からDITR=1が届いており、下り光パスにおいては光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置11までが3R区間であることがわかるので光ノード装置10は3R中継を実施しないと判断する。また、光ノード装置1からUETR=1が届いており、上り光パスにおいては光ノード装置1が3R着ノードであり、3R区間情報によれば、光ノード装置12が光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、光ノード装置10は上り光パスにおいても3R中継を実施しないと判断する。

【0155】

光ノード装置10の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて下りおよび上り光パス設定のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置11に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置2は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのDITR=1、UETR=1をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0156】

光ノード装置10からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置11の光パス設定部22は、光ノード装置11が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置11の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置11は、下り光パスにおいて光ノード装置11から13までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。

【0157】

さらに、3R中継実施判断部21は、光ノード装置11は、上り光パスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置10からUETR=1が届い

ており、光ノード装置1を3R着ノードとすれば、光ノード装置12が3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0158】

光ノード装置11の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置12に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置11が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを示すDITR=11というメッセージを光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置11は上り光パスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置10から届いたUETR=1をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0159】

光ノード装置11からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置12の光パス設定部22は、光ノード装置12が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置12の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置12は下り光パスにおいて3R着ノードであり、また、光ノード装置11からDITR=11が届いており、光ノード装置11が下り光パスにおける3R発ノードであれば光ノード装置13までが3R区間であることがわかるので光ノード装置12は3R中継を実施する必要ないと判断する。

【0160】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、また、光ノード装置11からUETR=1が届いていることから、光ノード装置12は上り光パスにおいて光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0161】

光ノード装置12の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように

、光ノード装置13に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置12は下り光パスにおいて3R中継を実施しないので、光ノード装置11からのDITR=11をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0162】

また、光ノード装置12は上り光パスにおいて3R発ノードであると共に、光ノード装置14を上り光パスの3R発ノードとした場合の3R着ノードでもある。したがって、光ノード装置12が3R着ノードであることを示すUETR=12を光パス設定要求に搭載する。

【0163】

光ノード装置12からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置13の光パス設定部22は、光ノード装置13が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置13の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置13は下り光パスの3R発ノードでなく、また、光ノード装置12からDITR=11が届いており、光ノード装置11が3R発ノードであれば光ノード装置13は3R着ノードであることがわかる。

【0164】

ここで「自己が下り光パスにおける3R着ノードであり、自己が着ノードでなく、自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシに基づき判断を行い、光ノード装置13が3R中継を実施すると判断する。

【0165】

また、上り光パスにおいては、UETR=12が届いており、これにより、光ノード装置14と光ノード装置12との間が3R区間であることがわかるので、光ノード装置13は3R中継を実施しないと判断する。

【0166】

光ノード装置13の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように

、光ノード装置14に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置13は下り光パスにおいては3R中継を実施するので、DITR=13を光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置13は上り光パスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置12からのUETR=12をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0167】

光ノード装置13からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14の光パス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置13からUETR=12が届いており、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置12を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

【0168】

光ノード装置14の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置13に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。

【0169】

この光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置13→12→11→10→1と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、2、3、4、5、14が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

【0170】

（第四実施例）

第四実施例の光ノード装置を図11、図14、図15、図17、図18、図20を参照して説明する。図14は第四実施例の3R区間情報を示す図であり、第三実施例と共にである。図15、図18は光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図であり、第三実施例と共にである。図17、図20は第四実

施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

【0171】

第四実施例は、双方向光パスにおいて、3R中継を実施する光ノード装置を上り光パスおよび下り光パスの双方共にシグナリング時に設定する例を説明する。第四実施例の光ノード装置は、図11に示す構成として説明する。図11に示す構成では、発ノードに相当する光ノード装置が着ノードまでの光パス上の3R中継を実施する光ノード装置を特定し、この光ノード装置に対して3R中継の実施を要求する構成である。3R区間情報保持部20には、図14に示す3R区間情報が保持されている。

【0172】

第四実施例では、第二実施例と同様に、発ノードに相当する光ノード装置が3R中継実施ノードを特定するのであるから、とりあえず発ノードに相当する光ノード装置が3R区間情報を保持していればよく、第三実施例のように、全光ノード装置あるいは光パス設定に関わる複数の光ノード装置が3R区間情報を保持する必要はない。したがって、発ノードに相当する光ノード装置だけが3R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

【0173】

次に、第四実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図15に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。発ノードに相当する光ノード装置1の3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0174】

さらに、3R中継実施ノード特定部25は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3R中継を実施しないと

判断する。

【0175】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置2が上りまたは下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、上りまたは下り光パスにおいて光ノード装置2は3R発ノードでなく、下り光パスにおいては光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置4までが3R区間であることがわかるので光ノード装置2は3R中継を実施しないと判断する。また、上り光パスにおいては光ノード装置1が3R着ノードであり、3R区間情報によれば、光ノード装置4が光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、光ノード装置2は上り光パスにおいても3R中継を実施しないと判断する。

【0176】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置3は、下り光パスにおいて光ノード装置3から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいし、あるいは、下り光パスにおいて光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間においては3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

【0177】

このような場合には、3R中継実施ノード特定部25は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第一実施例と同様である。

【0178】

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24

に入力される。比較部24では、光ノード装置3が下り光パスにおいて3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施ノード特定部25では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0179】

さらに、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置3は、上り光パスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置1を3R着ノードとすれば、光ノード装置4が3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0180】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置4が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置4は下り光パスにおいて3R着ノードであり、また、光ノード装置3が下り光パスにおける3R発ノードであれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置4は3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0181】

さらに、3R中継実施ノード特定部25は、3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置4は上り光パスにおいて光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0182】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置5が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置5は下り光パスの3R発ノードでなく、また、光ノード装置3が3R発ノードであれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置5は3R中継を実施しないと判断する。また、光ノード装置5は上り光パスの3R発ノード

であることを認識し、上り光バスにおける3R中継を実施すると判断する。

【0183】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光バスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光バスにおいては3R発ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

【0184】

その理由は、光ノード装置5は上り光バスにおいては3R発ノードであるが、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置5を3R着ノードとした3R区間が設定されていない。このような場合には光ノード装置14は「自己を経由する光バス上の3R発ノードを有する3R区間のいずれにも自己が属していないときには、自己を3R発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシーに基づき3R発ノードとなる必要があるからである。

【0185】

このようにして、発ノードである光ノード装置1が光ノード装置1から14までの光バスにおける3R中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置1は、自己が特定した3R中継を実施する光ノード装置3に対して3R中継実施要求部26から下りおよび上り光バスの3R中継実施要求としてDE_{XT}R(Downstream Explicit Three R)=3、UE_{XT}R(Upstream Explicit Three R)=4、5、14をそれぞれ出力する。

【0186】

3R中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図17に示すように、光ノード装置1の光バス設定部22は、光バス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置1は、光バス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置2に対して光バス設定要求(Path)を送出する。この際に、光バス設定要求にはDE_{XT}R=3、UE_{XT}R=4、5、14をそれぞれ搭載する。

【0187】

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置2は、 $DE_{xTR} = 3$ 、 $UE_{xTR} = 4, 5, 14$ を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置3に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際に、光ノード装置1から届いた $DE_{xTR} = 3$ 、 $UE_{xTR} = 4, 5, 14$ そのまま搭載する。

【0188】

光ノード装置2からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置3は、 $DE_{xTR} = 3$ 、 $UE_{xTR} = 4, 5, 14$ を参照し、自己が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置4に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、 $DE_{xTR} = 3$ は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求には $UE_{xTR} = 4, 5, 14$ が搭載される。

【0189】

光ノード装置3からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置4は、 $UE_{xTR} = 4, 5, 14$ を参照し、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、 $UE_{xTR} = 4$ は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求には $UE_{xTR} = 5, 14$ が搭載される。

【0190】

光ノード装置4からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置5は、 $UE_{xTR} = 5, 14$ を参照し、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、 $UE_{xTR} = 5$ は光ノード装置3が3R中継を実施することを認

識した後に消去されるので光パス設定要求にはUExTR=14が搭載される。

【0191】

光ノード装置5からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14は、UExTR=14を参照し、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達されて光パス設定が完了する。

【0192】

このように、発ノードとなる光ノード装置が着ノードまでの双方向光パス上で3R中継を実施する光ノード装置を特定するので、当該双方向光パス上の他光ノード装置は、単に、発ノードからの指示にしたがえばよく、計算負荷を軽減することができる。また、発ノードとなる光ノード装置以外の光ノード装置は、3R区間情報を保持しなくてもよく、情報記憶リソースを有効利用できる。

【0193】

次に、第四実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図18に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。発ノードに相当する光ノード装置1の3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0194】

さらに、3R中継実施ノード特定部25は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0195】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置10が上りまたは下り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、上りまたは下り光バスにおいて光ノード装置10は3R発ノードでなく、下り光バスにおいては光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置11までが3R区間であることがわかるので光ノード装置10は3R中継を実施しないと判断する。また、上り光バスにおいては光ノード装置1が3R着ノードであり、3R区間情報によれば、光ノード装置12が光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、光ノード装置10は上り光バスにおいても3R中継を実施しないと判断する。

【0196】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置11が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置11は、下り光バスにおいて光ノード装置11から13までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。さらに、光ノード装置11は、上り光バスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置1を3R着ノードとすれば、光ノード装置12が3R発ノードであることがわかるので、上り光バスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0197】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置12は下り光バスにおいて3R発ノードでも3R着ノードでもなく、また、光ノード装置11が下り光バスにおける3R発ノードであれば光ノード装置13までが3R区間であることがわかるので光ノード装置12は3R中継を実施する必要はないと判断する。さらに、光ノード装置12は上り光バスにおいて光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、上り光バスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0198】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置13は下り光バスの3

R発ノードでなく、また、光ノード装置11が3R発ノードであれば光ノード装置13は3R着ノードであることがわかる。ここで「一つの光ノード装置が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する」という判断ポリシに基づき判断を行い、光ノード装置13が3R中継を実施すると判断する。さらに、上り光パスにおいては、光ノード装置14と光ノード装置12との間が3R区間であることがわかるので、光ノード装置13は3R中継を実施しないと判断する。

【0199】

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置12を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

【0200】

このようにして、発ノードである光ノード装置1が光ノード装置1から14までの光パスにおける3R中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置1は、自己が特定した3R中継を実施する光ノード装置3に対して3R中継実施要求部26から下りおよび上り光パスの3R中継実施要求としてDE_xTR=11, 13、UE_xTR=12, 14をそれぞれ出力する。

【0201】

3R中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図20に示すように、光ノード装置1の光パス設定部22は、光パス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置1は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置10に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際に、光パス設定要求にはDE_xTR=11, 13、UE_xTR=12, 14をそれぞれ搭載する。

【0202】

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置

10は、DE_xTR=11, 13、UE_xTR=12, 14を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置11に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際に、光ノード装置1から届いたDE_xTR=11, 13、UE_xTR=12, 14をそのまま搭載する。

【0203】

光ノード装置10からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置11は、DE_xTR=11, 13、UE_xTR=12, 14を参照し、自己が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置12に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、DE_xTR=11は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはDE_xTR=13およびUE_xTR=12, 14が搭載される。

【0204】

光ノード装置11からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置12は、DE_xTR=13およびUE_xTR=12, 14を参照し、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置13に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、UE_xTR=12は光ノード装置12が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはDE_xTR=13およびUE_xTR=14が搭載される。

【0205】

光ノード装置12からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置13は、DE_xTR=13およびUE_xTR=14を参照し、自己が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求（Path）を送出する。この際、DE_xTR=13は光ノード装置13が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはUE_xTR=14が搭載される。

【0206】

光ノード装置13からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14は、UE×TR=14を参照し、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置13に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置13→12→11→10→1と伝達されて光パス設定が完了する。

【0207】

このように、発ノードとなる光ノード装置が着ノードまでの双方光パス上で3R中継を実施する光ノード装置を特定するので、当該双方光パス上の他光ノード装置は、単に、発ノードからの指示にしたがえばよく、計算負荷を軽減することができる。また、発ノードとなる光ノード装置以外の光ノード装置は、3R区間情報を保持しなくてもよく、情報記憶リソースを有効利用できる。

【0208】**（第五実施例）**

第五実施例の光ノード装置を図3、図4、図5、図9、図21～図26を参照して説明する。図21、図22、図24、図25は第五実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図である。図23、図26は第五実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

【0209】

第五実施例の光ノード装置は、図4に示すように、自己を3R発ノードとする3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断する3R中継実施判断部21とを備えたことを特徴とする。また、光パス設定部22は、自己を3R発ノードとする光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

【0210】

なお、3R中継実施判断部21は、光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断する。また、光パス設定部22は、当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

【0211】

第五実施例では、3R発ノードに相当する光ノード装置が当該3R発ノードに関する3R区間情報を保持する。その他の3R区間情報を保持しないので、情報記憶リソースを有効利用することができる。

【0212】

次に、第五実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図5に示すように、光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。3R発ノードに相当する光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1を発ノードとした光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置1が光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。また、3R区間情報保持部20には、図21に示す3R区間情報を保持しており、これにより光ノード装置1を3R発ノードとした場合の3R着ノードが光ノード装置4であることを認識する。

【0213】

3R中継実施判断部21の認識結果を通知された光パス設定部22では、図23に示すように、光ノード装置1が3R発ノードであることを示すメッセージとしてDITR=1を生成し、また、光ノード装置4が3R着ノードであることを示すメッセージとしてDETTR=4を生成する。光パス設定部22は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置2への光パス設定要求(Path)を送出する際に、DITR=1、DETTR=4を搭載する。

【0214】

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置2の3R中継実施判断部21は、DITR=1、DETR=4を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置2の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置3への光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1からのDITR=1、DETR=4をそのまま搭載する。

【0215】

光ノード装置2からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置3の3R中継実施判断部21は、DITR=1、DETR=4を参照し、さらに、光ノード装置3は、3R発ノードであるので、3R区間情報保持部20には、図22に示す3R区間情報が保持されており、当該3R区間情報を参照する。光パス設定要求に含まれるメッセージではDETR=4であり、光ノード装置4が3R着ノードに指定されているが、3R中継実施判断部21は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。

【0216】

3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置3は、光ノード装置3から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいし、あるいは、光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間においては3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

【0217】

このような場合には、3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第一実施例と同様である。

【0218】

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が3R中継を実施した方が実施

しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施判断部21では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は3R中継を実施すると判断する。

【0219】

これを受け光パス設定部22は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置4への光パス設定要求（Path）を送出する際に、図23に示すように、光ノード装置3が3R発ノードであり、光ノード装置14が3R着ノードであることを示すメッセージとしてDITR=3、DETR=14を搭載する。

【0220】

光ノード装置3からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置4の3R中継実施判断部21は、DITR=3、DETR=14を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置4の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5への光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置3からのDITR=3、DETR=14をそのまま搭載する。

【0221】

光ノード装置4からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置5の3R中継実施判断部21は、DITR=3、DETR=14を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置5の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置14への光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置3からのDITR=3、DETR=14をそのまま搭載する。

【0222】

光ノード装置5からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14の3R中継実施判断部21は、DITR=3、DETR=14を参照し、自己が3R着ノードであることを認識する。さらに「自己が光パスにおける3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、自己を3R

発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして当該次ホップ先の光ノード装置に対して3R中継の実施を要求する」という判断ポリシに基づき自己が3R中継を実施するか否か判断するが、光パス設定要求を参照し、自己が着ノードであることを認識して3R中継を実施する必要がないと判断する。

【0223】

光ノード装置14の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5への光パス設定完了通知（Rev）を送出する。光パス設定完了通知（Rev）は光ノード装置5→4→3→2→1と伝達されて光パスの設定が完了する。

【0224】

次に、第五実施例の光ノード装置の動作を他の例で説明する。ここでは、図9に示すように、光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。3R発ノードに相当する光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1を発ノードとした光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置1が光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。また、3R区間情報保持部20には、図21に示す3R区間情報を保持しており、これにより光ノード装置1を3R発ノードとした場合の3R着ノードが光ノード装置11であることを認識する。

【0225】

3R中継実施判断部21の認識結果を通知された光パス設定部22では、光ノード装置1が3R発ノードであることを示すメッセージとしてDITR=1を生成し、また、光ノード装置11が3R着ノードであることを示すメッセージとしてDETR=11を生成する。光パス設定部22は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置10への光パス設定要求（Path）を送出する際に、図26に示すように、DITR=1、DETR=11を搭載する。

【0226】

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置10は、DITR=1、DETR=11を参照し、自己が3R中継を実施する光

ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置10の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置11への光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1からのDITR=1、DETR=1をそのまま搭載する。

【0227】

光ノード装置10からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置11の3R中継実施判断部21は、DITR=1、DETR=11を参照し、さらに、光ノード装置3は、3R発ノードであるので、3R区間情報保持部20には、図24に示す3R区間情報が保持されており、当該3R区間情報を参照する。これにより、自己が3R着ノードであると共に光ノード装置13を3R着ノードとする3R区間の3R発ノードであることを認識する。

【0228】

この認識結果を受けた光パス設定部22は、自己が3R発ノードであることを示すメッセージとしてDITR=11、光ノード装置13が3R着ノードであることを示すメッセージとしてDETR=13を生成する。

【0229】

光ノード装置11の光パス設定部22は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置12への光パス設定要求（Path）を送出する際に、DITR=11、DETR=13を搭載する。

【0230】

光ノード装置11からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置12の3R中継実施判断部21は、DITR=11、DETR=13を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置12の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置13への光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置11からのDITR=11、DETR=13をそのまま搭載する。

【0231】

光ノード装置12からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置13の3R中継実施判断部21は、DITR=11、DETR=13を参照し

、さらに、光ノード装置13は、3R発ノードであるので、3R区間情報保持部20には、図25に示す3R区間情報が保持されており、当該3R区間情報を参照する。これにより、自己が3R着ノードであると共に光ノード装置14を3R着ノードとする3R区間の3R発ノードであることを認識する。

【0232】

この認識結果を受けた光パス設定部22は、自己が3R発ノードであることを示すメッセージとしてDITR=13、光ノード装置14が3R着ノードであることを示すメッセージとしてDETR=14を生成する。

【0233】

光ノード装置13の光パス設定部22は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置14への光パス設定要求（Path）を送出する際に、DITR=13、DETR=14を搭載する。

【0234】

光ノード装置13からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14の3R中継実施判断部21は、DITR=13、DETR=14を参照し、自己が3R着ノードであることを認識する。さらに「自己が光パスにおける3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、自己を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして当該次ホップ先の光ノード装置に対して3R中継の実施を要求する」という判断ポリシに基づき判断を行い、自己が着ノードであることから3R中継を実施する必要がないと判断する。

【0235】

光ノード装置14の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置13への光パス設定完了通知（Resv）を送出する。光パス設定完了通知（Resv）は光ノード装置13→12→11→10→1と伝達されて光パスの設定が完了する。

【0236】

（第六実施例）

第六実施例の光ノード装置を図4、図14、図15、図27～図36を参照し

て説明する。図27～図30、図32～図35は第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図である。図31、図36は第六実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

【0237】

第六実施例の光ノード装置は、図4に示すように、自己を3R発ノードおよび3R着ノードとする3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする下り光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する光パス設定部22を備える。

【0238】

また、光パス設定部22は、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードであるときには自己を3R着ノードとする上り光パス上の3R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

【0239】

さらに、光パス設定部22は、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを生成する。

【0240】

また、光パス設定部22は、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを生成する。

【0241】

第六実施例では、3R発ノードまたは3R着ノードに相当する光ノード装置が自己に関わる3R区間情報保持する。その他の3R区間情報を保持しないので、情報記憶リソースを有効利用することができる。

【0242】

次に、第六実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図15に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1を発ノードとした双方向の光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。また、3R区間情報保持部20には、図27に示す3R区間情報を保持しており、これにより下り光パスでは光ノード装置1を3R発ノードとした場合の3R着ノードが光ノード装置4であることを認識する。また、上り光パスでは、光ノード装置4を3R発ノードとした場合に光ノード装置1が3R着ノードであることを認識する。

【0243】

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて下り光パス設定のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R発ノードであり、また、この3R区間の3R着ノードは光ノード装置4であることを示すDITR=1、DETR=4というメッセージを光パス設定要求（Path）に搭載する。

【0244】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光バスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光バスにおいては3R中継を実施しないと判断する。光ノード装置1の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて上り光バス設定のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置2に対する光バス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が上り光バスにおける3R着ノードであり、また、この3R区間の3R発ノードは光ノード装置4であることを示すUETR=1、UITR=4というメッセージを光バス設定要求に搭載する。

【0245】

光ノード装置1からの光バス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置2の光バス設定部22は、光ノード装置2が上りまたは下り光バスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置2は、3R発ノードまたは3R着ノードではないので、3R区間情報保持部20は3R区間情報を保持していない。したがって、光ノード装置2は3R中継を実施しないと判断する。

【0246】

光ノード装置2の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け下りおよび上り光バス設定のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置3に対する光バス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置2は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのDITR=1、DETTR=4、UETR=1、UITR=4をそのまま光バス設定要求に搭載する。

【0247】

光ノード装置2からの光バス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置3の光バス設定部22は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置3の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図28に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置3は、下り光バスにおいて光ノード装置3から14

までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいが、DITR=1、DETR=4により、下り光パスにおいて光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間が存在し、この3R区間においては光ノード装置3は3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

【0248】

このような場合には、光ノード装置3の3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの下り光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第一実施例と同様である。

【0249】

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が下り光パスにおいて3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施判断部21では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0250】

さらに、3R中継実施判断部21は、光ノード装置3は、上り光パスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置2からUETR=1、UITR=4が届いており、光ノード装置1を3R着ノードとし、光ノード装置4を3R発ノードである3R区間が存在することがわかるので、上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0251】

光ノード装置3の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置4に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置3が下り光パスにおいて3R発ノードであり、また、この3R区間の3R着

ノードは光ノード装置14であることを示すDITR=3、DETR=14というメッセージを光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置3は上り光パスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置2から届いたUETR=1、UITR=4をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0252】

光ノード装置3からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置4の光パス設定部22は、光ノード装置4が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置4の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図29に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置4は下り光パスにおいて3R着ノードであり、また、光ノード装置3からDITR=3、DETR=14が届いており、光ノード装置3が下り光パスにおける3R発ノードであれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置4は3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0253】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、また、光ノード装置3からUETR=1、UITR=4が届いていることから、光ノード装置4は上り光パスにおいて光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0254】

光ノード装置4の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置5に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置4は下り光パスにおいて3R中継を実施しないので、光ノード装置3からのDITR=3、DETR=14をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0255】

また、光ノード装置4は上り光パスにおいて3R発ノードであることを認識したが、3R区間情報保持部20を参照することにより、自己が当該上り光パス上

の3R着ノードでないことも認識した。このようなときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置5が自己を3R着ノードとした3R発ノードとなる必要がある。したがって、これを光ノード装置5に伝達するために、UETR=4、UITR=5を光パス設定要求に搭載する。

【0256】

光ノード装置4からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置5の光パス設定部22は、光ノード装置5が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置5の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図30に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置5は下り光パスの3R発ノードでなく、また、光ノード装置4からDITR=3、DETTR=14が届いており、光ノード装置3が3R発ノードであれば光ノード装置14までが3R区間であることがわかるので光ノード装置5は3R中継を実施しないと判断する。また、3R中継実施判断部21は、光ノード装置4からUETR=4、UITR=5が届いており、また、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置5は上り光パスの3R発ノードであることを認識し、上り光パスにおける3R中継を実施すると判断する。

【0257】

光ノード装置5の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置14に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置5は下り光パスにおいては3R中継を実施しないので、光ノード装置4からのDITR=3、DETTR=14をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0258】

また、光ノード装置5は上り光パスにおいては3R発ノードであるが、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置5を3R着ノードとした3R区間が設定されていない。このような場合には光ノード装置14は「自己を経由する光パス上の3R発ノードを有する3R区間のいずれにも自己が属していないときには、自己を3R発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポ

リシに基づき3R発ノードとなる必要がある。そこで、光ノード装置5が3R着ノードであり、この3R区間の3R発ノードが光ノード装置14であることを示すUETR=5、UITR=14を光パス要求に搭載する。

【0259】

光ノード装置5からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14の光パス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図35に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置5からはUETR=5、UITR=4が届いており、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置5を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

【0260】

光ノード装置14の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知（Resv）を送出する。

【0261】

この光パス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、2、3、4、5、14が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

【0262】

次に、第六実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図18に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1を発ノードとした双方向の光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。また、3R区間情報保持部20には、図27に示す3R区間情報を保持しており、これに

より下り光パスでは光ノード装置1を3R発ノードとした場合の3R着ノードが光ノード装置11であることを認識する。また、上り光パスでは、光ノード装置12を3R発ノードとした場合に光ノード装置1が3R着ノードであることを認識する。

【0263】

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け下り光パス設定のためのリソースを確保し、図36に示すように、光ノード装置10に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R発ノードであり、この3R区間の3R着ノードは光ノード装置11であることを示すDITR=1、DETR=11というメッセージを光パス設定要求（Path）に搭載する。

【0264】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0265】

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受け上り光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図36に示すように、光ノード装置10に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が上り光パスにおける3R着ノードであり、この3R区間の3R発ノードが光ノード装置12であることを示すUETR=1、UITR=12というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

【0266】

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置10の光パス設定部22は、光ノード装置10が上りまたは下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置10は、3R発ノードでも3R着ノードでもなく、3R区間情報保持部20に3R区間情報を保持していない。したがって、光ノード装

置10は上り下りのいずれの光パスでも3R中継を実施しないと判断する。

【0267】

光ノード装置10の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて下りおよび上り光パス設定のためのリソースを確保し、図36に示すように、光ノード装置11に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置10は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのDITR=1、DETR=11、UETR=1、UITR=12をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0268】

光ノード装置10からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置11の光パス設定部22は、光ノード装置11が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置11の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図32に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置11は、下り光パスにおいて光ノード装置11から13までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。

【0269】

さらに、3R中継実施判断部21は、光ノード装置11は、上り光パスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置10からUETR=1、UITR=12が届いており、光ノード装置1を3R着ノードとすれば、光ノード装置12が3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

【0270】

光ノード装置11の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図36に示すように、光ノード装置12に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置11が下り光パスにおいて3R発ノードであり、この3R区間の3R着ノードは光ノード装置13であることを示すDITR=11、DETR=13というメッセージを光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置11は上り光

パスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置10から届いたUETR=1、UITR=12をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0271】

光ノード装置11からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置12の光パス設定部22は、光ノード装置12が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置12の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図33に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置12は下り光パスにおいては3R発ノードでも3R着ノードでもなく、3R中継を実施する必要はないと判断する。

【0272】

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、また、光ノード装置11からUETR=1、UITR=12が届いていることから、光ノード装置12は上り光パスにおいて光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

【0273】

光ノード装置12の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図36に示すように、光ノード装置13に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置12は下り光パスにおいて3R中継を実施しないので、光ノード装置11からのDITR=11、DETR=13をそのまま光パス設定要求に搭載する。

【0274】

また、光ノード装置12は上り光パスにおいて3R発ノードであると共に、光ノード装置14を上り光パスの3R発ノードとした場合の3R着ノードでもある。したがって、UETR=12、UITR=14を光パス設定要求に搭載する。

【0275】

光ノード装置12からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置13の光パス設定部22は、光ノード装置13が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置13

の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図34に示す3R区間情報を参照し、また、光ノード装置12からDITR=11、DETR=13が届いており、光ノード装置13は下り光バスの3R着ノードであることがわかる。

【0276】

ここで「光バス設定要求に含まれる自己が下り光バスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該下り光バス上の3R発ノードでないときには自己を下り光バス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシーに基づき判断を行い、光ノード装置13が3R中継を実施すると判断する。また、この場合には、光バス設定部22は、次ホップ先の光ノード装置14に対して当該光ノード装置14が光ノード装置13の3R着ノードであることを伝達するためのメッセージとしてDETR=14を生成する。また、上り光バスにおいては、光ノード装置13は、3R発ノードでも3R着ノードでもなく、3R中継を実施しないと判断する。

【0277】

光ノード装置13の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光バス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図36に示すように、光ノード装置14に対する光バス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置13は下り光バスにおいては3R発ノードであり、この3R区間の3R着ノードは光ノード装置14であることを示すDITR=13、DETR=14を光バス設定要求に搭載する。また、光ノード装置13は上り光バスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置12からのUETR=12、UITR=14をそのまま光バス設定要求に搭載する。

【0278】

光ノード装置13からの光バス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置14の光バス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14

の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図35に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光バスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光バスにおいては、光ノード装置13からUETR=12、DITR=14が届いており、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置12を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

【0279】

光ノード装置14の光バス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光バス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図36に示すように、光ノード装置13に対して光バス設定完了通知（Resv）を送出する。

【0280】

この光バス設定完了通知（Resv）は、光ノード装置13→12→11→10→1と伝達され、光バスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、2、3、4、5、14が光バス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

【0281】

（第七実施例）

第七実施例の網制御装置および光ノード装置を図37ないし図40を参照して説明する。図37は第七実施例の網制御装置と光ノード装置との関係を示す概念図である。図38は第七実施例の網制御装置のブロック構成図である。図39は第七実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図40は第七実施例の動作を示すシーケンス図である。

【0282】

第七実施例の網制御装置40は、図37に示すように、各光ノード装置1～14のいずれとも相互に通信を行う機能を有し、光ネットワーク50を統括的に管理している。ここでは、網制御装置40の有する管理機能の内で、3R区間情報に関する管理機能について説明する。

【0283】

すなわち、第七実施例の網制御装置40は、図38に示すように、光ネットワ

ーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する3R区間情報データベース41と、光ノード装置からの要求に応じてこの3R区間情報データベース41に保持された3R区間情報を当該光ノード装置に提供する3R区間情報提供部43とを備えたことを特徴とする。

【0284】

また、3R区間情報データベース41に保持されている3R区間情報は、3R区間情報収集部42により収集された3R区間情報であり、光ネットワーク50の3R区間情報が更新される度に、3R区間情報収集部42は、3R区間情報データベース41に保持された3R区間情報を更新する。

【0285】

第七実施例の光ノード装置は、図39に示すように、自己が属する光ネットワーク50を管理する網制御装置40に対して当該光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報の提供を要求して取得する3R区間情報要求部27を備えたことを特徴とする。

【0286】

次に、第七実施例の動作を図40を参照して説明する。光ノード装置の3R区間情報要求部27は、自光ノード装置が必要とする3R区間情報を網制御装置40の3R区間情報提供部43に要求する（ステップ1）。ここで、自光ノード装置が必要とする3R区間情報とは、光ネットワーク50全体の3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置を経由する光パスに関する3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置が発ノードとなる光パスに関する3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置が3R発ノードとなる3R区間にに関する3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置が3R発ノードまたは3R着ノードとなる3R区間にに関する3R区間情報であったり、と様々であるが、3R区間情報要求部27は、自光ノード装置が必要とする3R区間情報を認識し、これを網制御装置40の3R区間情報提供部43に対して要求する。網制御装置40の3R区間情報提供部43は、要求された必要情報の検索を行う（ステップ2）。

【0287】

3R区間情報提供部43は、3R区間情報データベース41から3R区間情報の必要情報を抽出し（ステップ3）、これを光ノード装置の3R区間情報要求部27に転送する（ステップ）。3R区間情報要求部27は、網制御装置40から転送された3R区間情報を検査して確かに要求した必要情報であればこれを3R区間情報保持部20に保持する（ステップ5）。

【0288】

第七実施例の処理では、網制御装置40の3R区間情報提供部43による必要情報の検索および抽出に要する処理負荷が最も大きくなる。

【0289】

（第八実施例）

第八実施例の網制御装置および光ノード装置を図37、図38、図41、図42を参照して説明する。図37は第八実施例の網制御装置と光ノード装置との関係を示す概念図であり、第七実施例と共通である。図38は第八実施例の網制御装置のブロック構成図であり、第七実施例と共通である。図41は第八実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図42は第八実施例の動作を示すシーケンス図である。

【0290】

第八実施例の網制御装置40は、図37に示すように、各光ノード装置1～4のいずれとも相互に通信を行う機能を有し、光ネットワーク50を統括的に管理している。ここでは、網制御装置40の有する管理機能の内で、3R区間情報に関する管理機能について説明する。

【0291】

すなわち、第八実施例の網制御装置40は、図38に示すように、光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する3R区間情報データベース41と、光ノード装置からの要求に応じてこの3R区間情報データベース41に保持された3R区間情報を当該光ノード装置に提供する3R区間情報提供部43とを備えたことを特徴とする。

【0292】

また、3R区間情報データベース41に保持されている3R区間情報は、3R

区間情報収集部42により収集された3R区間情報であり、光ネットワーク50の3R区間情報が更新される度に、3R区間情報収集部42は、3R区間情報データベース41に保持された3R区間情報を更新する。

【0293】

第八実施例の光ノード装置は、図41に示すように、自己が属する光ネットワーク50を管理する網制御装置40に対して当該光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報の提供を要求して取得する3R区間情報要求部27を備え、取得した3R区間情報の中から自己に係わる少なくとも一部の情報を選択して保持するための情報選択部30を備えたことを特徴とする。

【0294】

次に、第八実施例の動作を図42を参照して説明する。光ノード装置の3R区間情報要求部27は、3R区間情報を網制御装置40の3R区間情報提供部43に要求する（ステップ1）。このとき、第八実施例では、自光ノード装置の必要情報を指定しない。

【0295】

網制御装置40の3R区間情報提供部43は、当該要求をそのまま3R区間情報データベース41に転送する（ステップ2）。3R区間情報提供部43は、3R区間情報データベース41から3R区間情報を抽出し（ステップ3）、これを光ノード装置の情報選択部30に転送する（ステップ4）。情報選択部30は、網制御装置40から転送された3R区間情報の中から自光ノード装置が必要とする情報を選択し、不必要的情報は廃棄する（ステップ5）。このようにして生成された必要情報を3R区間情報保持部20に保持する（ステップ6）。

【0296】

第八実施例は、第七実施例と比較すると、光ノード装置のブロック構成に情報選択部30が追加されるが、光ノード装置の3R区間情報要求部27および網制御装置40の3R区間情報提供部43により必要情報を選択する必要がなく、これらの処理負荷を第七実施例と比較して小さくすることができる。

【0297】

（第九実施例）

第九実施例の光ノード装置を図43を参照して説明する。図43は第九実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。第九実施例の光ノード装置は、図43に示すように、自己が属する光ネットワーク50を管理する網制御装置40に対して自己が属する光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報要求して取得する3R区間情報要求部27と、この3R区間情報要求部27により取得した3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を他光ノード装置に広告する広告部28とを備えたことを特徴とする。

【0298】

例えば、全光ノード装置が共通の3R区間情報を保持する場合には、光ノード装置1～14の内のいずれかが網制御装置40から3R区間情報を取得し、これを広告部28を用いて他光ノード装置に広告することにより、網制御装置40の処理負荷を軽減させることができる。あるいは、2以上の光ノード装置が網制御装置40からそれぞれ3R区間情報を取得し、これを他光ノード装置に広告することにより、いずれかの光ノード装置が取得した3R区間情報に欠落が有った場合でもこれを相互に補うことができ、信頼性の高い3R区間情報を保持することができる。

【0299】

(第十実施例)

第十実施例の光ノード装置を図44を参照して説明する。図44は第十実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。第十実施例の光ノード装置は、図44に示すように、自己が属する光ネットワーク50を管理する網制御装置40に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する3R区間情報要求部27と、この3R区間情報要求部27により取得した3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を自己を発ノードとしたときの着ノードまでの光パスに含まれる他光ノード装置に伝達する伝達部29とを備えたことを特徴とする。

【0300】

例えば、光バスの発ノードとなる光ノード装置が自光ノード装置から着ノードとなる光ノード装置までの光バスの経路に含まれる他光ノード装置に3R区間情報を伝達する場合に利用する。第九実施例は、不特定宛先に対する3R区間情報の広告であったのに対し、第十実施例では、特定宛先への3R区間情報の伝達を行う。

【0301】

(第十一実施例)

第十一実施例の光ノード装置を図45を参照して説明する。図45は第十一実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。第十一実施例の光ノード装置は、図45に示すように、自己が属する光ネットワーク50を管理する網制御装置40に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する3R区間情報要求部27と、この3R区間情報要求部27により取得した3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20により保持された3R区間情報を他ノード装置に広告する広告部28とを備え、広告部28による広告が自己を経由する光バスに関係する広告か否かを判断する情報選択部30が設けられ、この情報選択部30は、広告が自己を経由する光バスに関係しない広告であるときには広告を廃棄し、広告が自己を経由する光バスに関係する広告であるときには広告内容を3R区間情報保持部20に保持することを特徴とする。

【0302】

第十実施例では、伝達部29は、特定宛先に対して3R区間情報を伝達する必要があったが、第十一実施例では、広告部30は、不特定宛先に対する3R区間情報の広告でよいため、宛先管理の処理負荷を省くことができる。さらに、情報選択部30を用いて自光ノード装置に無関係な3R区間情報を廃棄することができる、3R区間情報保持部20の情報記憶リソースを有効に利用することができる。

【0303】

(第十二実施例)

第十二実施例の光ノード装置を図4および図46を参照して説明する。図4は

第十二実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図であり、第一実施例と共にである。図46は第十二実施例の3R中継実施ノード判断方法を説明するための図である。第十二実施例の光ノード装置は、図4に示すように、自己が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する3R区間情報保持部20と、自己が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して自己が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する3R中継実施判断部21とを備え、この3R中継実施判断部21は、自己が備えた3Rトランク数をT、空き3Rトランク数の閾値をTH_T、3R着ノードまでのホップ数の閾値をTH_Hとしたときに、

$T > TH_T$ かつ $H < TH_H$
ならば3R中継を実施すると判断することを特徴とする。

【0304】

図46に示すように、光ノード装置#1を3R発ノードとし、光ノード装置#3を3R着ノードとし、光ノード装置#2が光ノード装置#1と#3との間にあるとするときに、光ノード装置#2は「一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しない」光ノード装置である。

【0305】

このような場合には、第十二実施例以前の実施例では、3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて「前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに関する3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較し、この比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないとときには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する」として説明した。

【0306】

これに対し、第十二実施例では、シミュレーションよりも簡単な方法で3R中継を実施するか否かの判断を行う。すなわち、

$T > TH_T$ かつ $H < TH_H$

ならば3R中継を実施すると判断する。

【0307】

すなわち、ある光パスの経路上の光ノード装置において、当該光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、3Rトランクを有している場合に、当該光ノード装置の3Rトランク数に充分な余裕があり、さらに、当該光パスの3R着ノード、すなわち次3R区間の3R発ノードまでのホップ数が小さい場合には、当該光ノード装置が3R中継を実施してしまった方がよいと判断する。これにより、次3R区間の3R発ノードの3R中継負荷を軽減させることができる。

【0308】

このように3R着ノード以前の光ノード装置が3R着ノードに代わって3R中継を実施した場合には、その旨を示すメッセージを3R着ノードに伝達する。これにより、本来の3R着ノードは、自己よりも前ホップの光ノード装置が自己に代わって3R中継を実施したことを認識し、本来3R中継を実施すべき到来する光信号に対して3R中継せずにそのまま交換接続する。なお、この場合には、当初適用予定されていた3R区間から、実際に3R中継を実施した光ノード装置を3R発ノードとする3R区間に適用が変更される。

【0309】

次に、空き3Rトランク数の閾値 TH_T 、3R着ノードまでのホップ数の閾値 TH_H の設定ポリシを説明する。次3R区間の3R発ノードの3Rトランク数が自光ノード装置の3Rトランク数と比較して少なければ少ないと、自光ノード装置が次3R区間の3R発ノードの3R中継を援助する必要性が大きくなるので、 TH_T は小さく設定し、少しでも自光ノード装置の3Rトランクに空きが生じれば自光ノード装置が3R中継を実施して次3R区間の3R発ノードの3R中継を援助することが望ましい。しかし、次3R区間の3R発ノードまでのホップ数が大きい場合には、自光ノード装置の3Rトランク数に余裕があったとし

ても、自光ノード装置が次3R区間の3R発ノードに代わって3R中継を実施してしまっては、着ノードまでの3R実施回数が増加する可能性が生じる。そこで、TH_Hは、小さい方が望ましい。

【0310】

このように、TH_TおよびTH_Hは、3R区間全体のホップ数および3R着ノード、すなわち次3R区間の3R発ノードの3Rトランク数を考慮して適宜設定する。

【0311】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、必要最小数あるいは必要最小能力の3R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

3R発ノード、3R着ノード、3R区間の表記を説明するための図。

【図2】

3R区間の性質を説明するための図。

【図3】

光ネットワークのトポロジ情報に対応した3R区間情報の一例を示す図。

【図4】

第一、三、五、六、十二実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図5】

光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図。

【図6】

3R中継実施判断部のブロック構成図。

【図7】

3R実施シミュレート部の動作を説明するための図。

【図8】

第一実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図9】

光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図。

【図10】

第一実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図11】

第二実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図12】

第二実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図13】

第二実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図14】

第三および第四実施例の3R区間情報を示す図。

【図15】

光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図。

【図16】

第三実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図17】

第四実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図18】

光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図。

【図19】

第三実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図20】

第四実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図21】

第五実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図22】

第五実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図23】

第五実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図24】

第五実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図25】

第五実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図26】

第五実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図27】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図28】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図29】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図30】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図31】

第六実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図32】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図33】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図34】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図35】

第六実施例の光ノード装置における3R区間情報を示す図。

【図36】

第六実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図。

【図37】

第七および第八実施例の網制御装置と光ノード装置との関係を示す概念図。

【図38】

第七および第八実施例の網制御装置のブロック構成図。

【図39】

第七実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図40】

第七実施例の動作を示すシーケンス図。

【図41】

第八実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図42】

第八実施例の動作を示すシーケンス図。

【図43】

第九実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図44】

第十実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図45】

第十一実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図46】

第十二実施例の3R中継実施ノード判断方法を説明するための図。

【図47】

従来の光ネットワーク構成を示す図。

【符号の説明】

1～14、#1～#3 光ノード装置

20 3R区間情報保持部

21 3R中継実施判断部

22 光パス設定部

23 3R実施シミュレート部

24 比較部

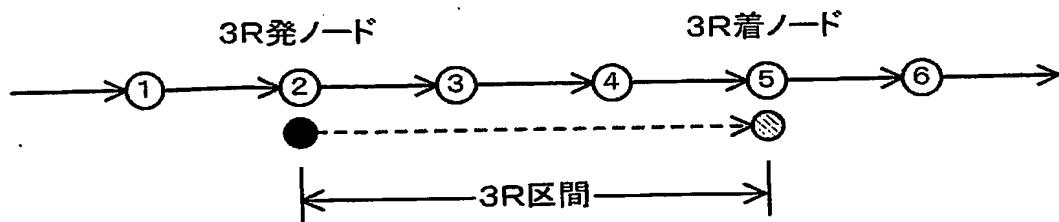
25 3R中継実施ノード特定部

26 3R中継実施要求部

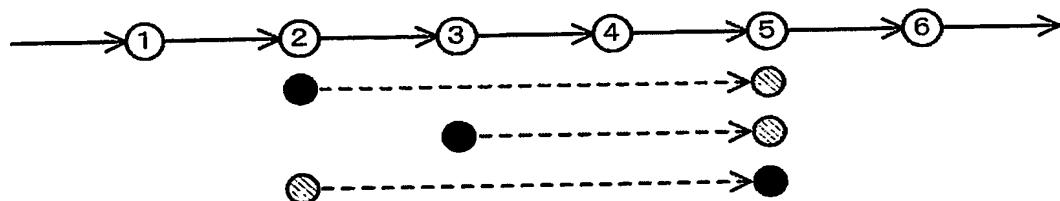
- 27 3R区間情報要求部
- 28 広告部
- 29 伝達部
- 30 情報選択部
- 40 網制御装置
- 41 3R区間情報データベース
- 42 3R区間情報収集部
- 43 3R区間情報提供部
- 50 光ネットワーク

【書類名】 図面

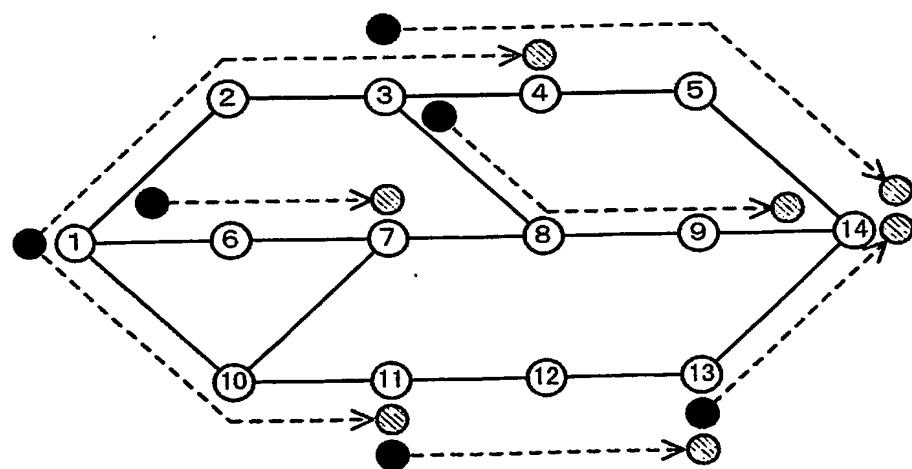
【図1】



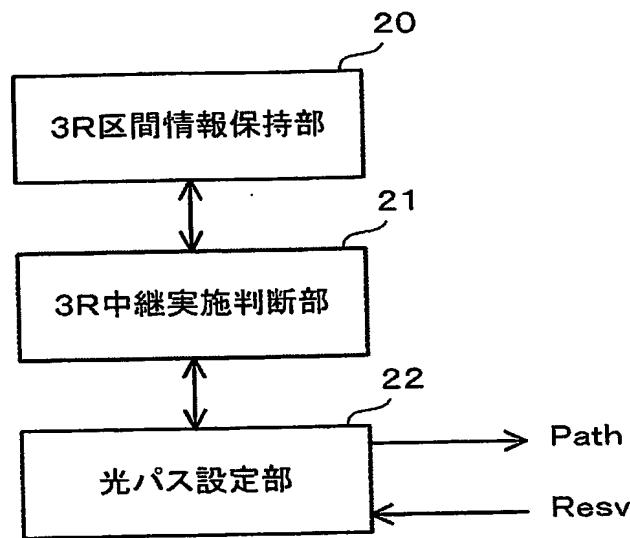
【図2】



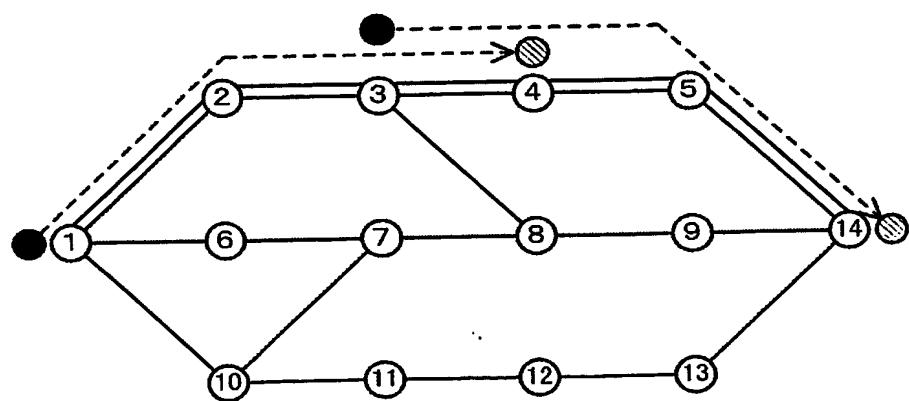
【図3】



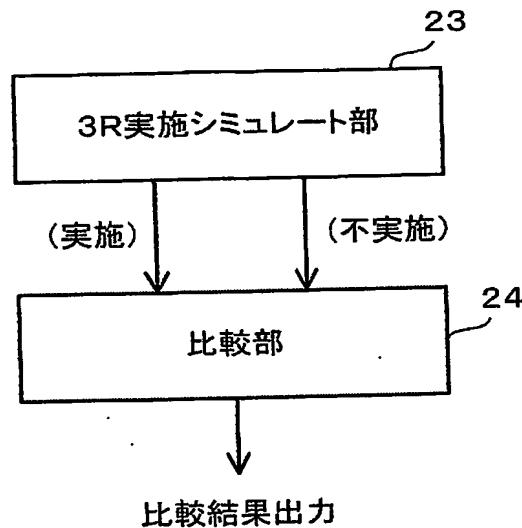
【図4】



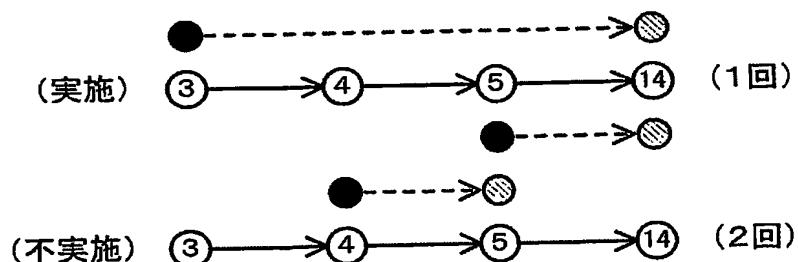
【図5】



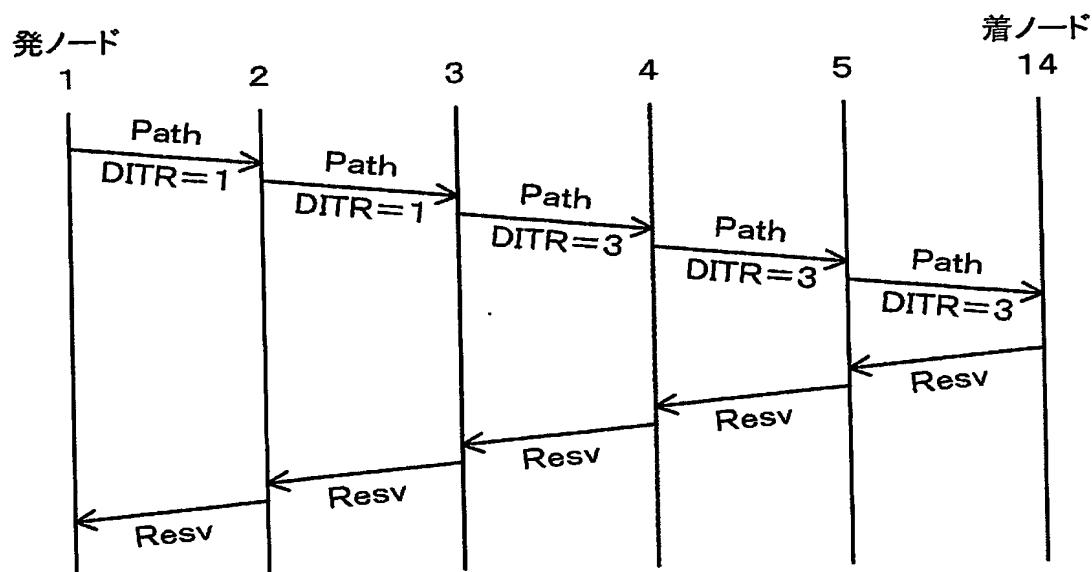
【図6】



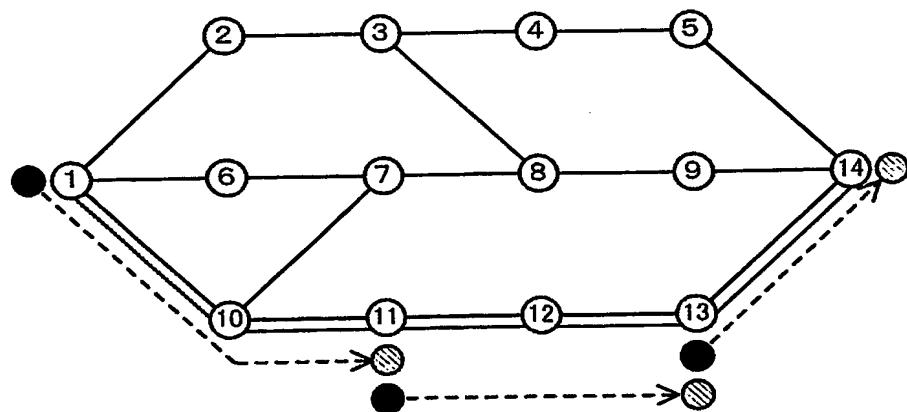
【図7】



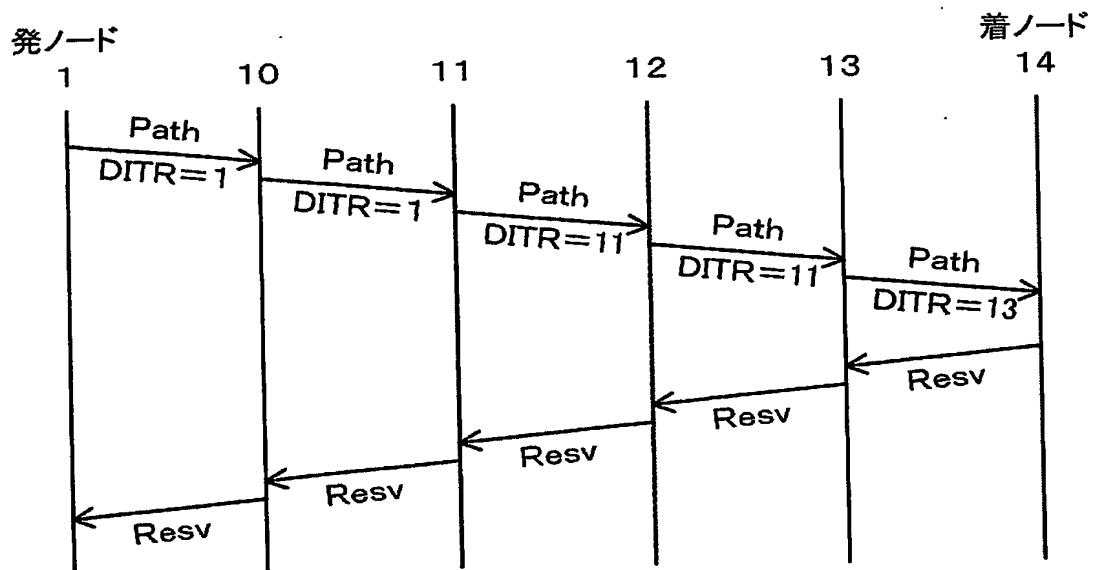
【図8】



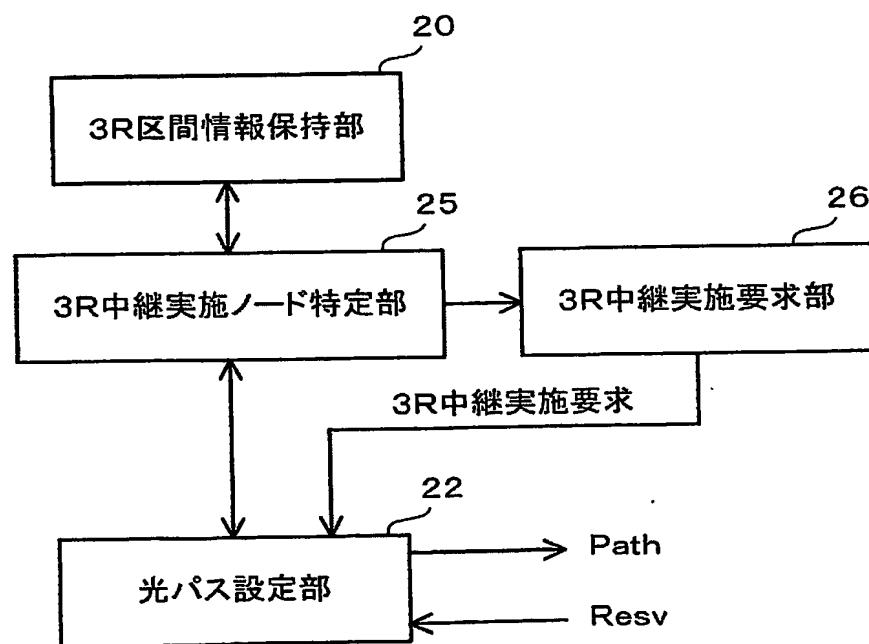
【図9】



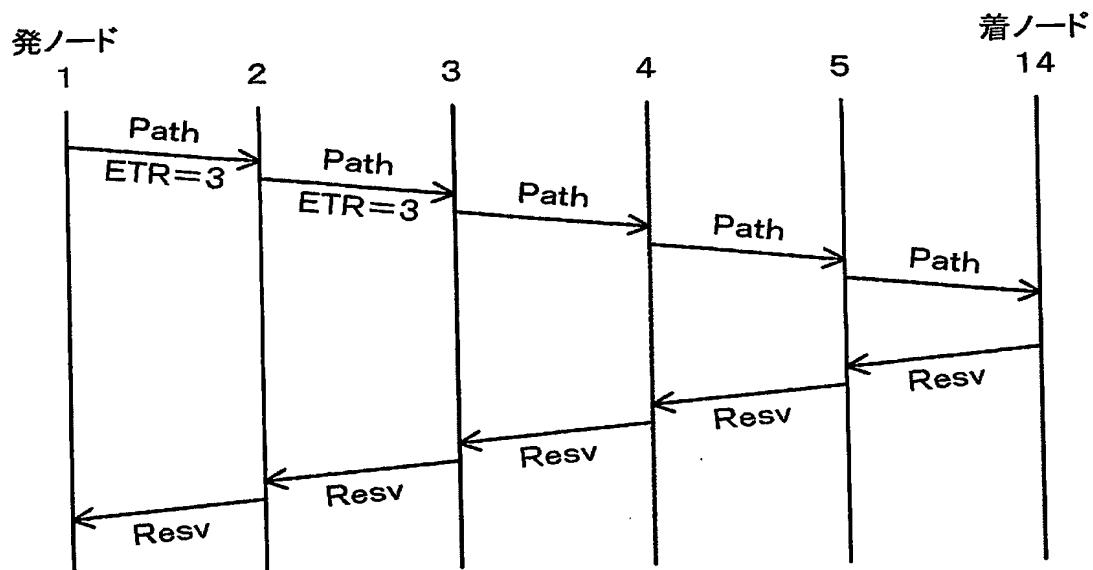
【図10】



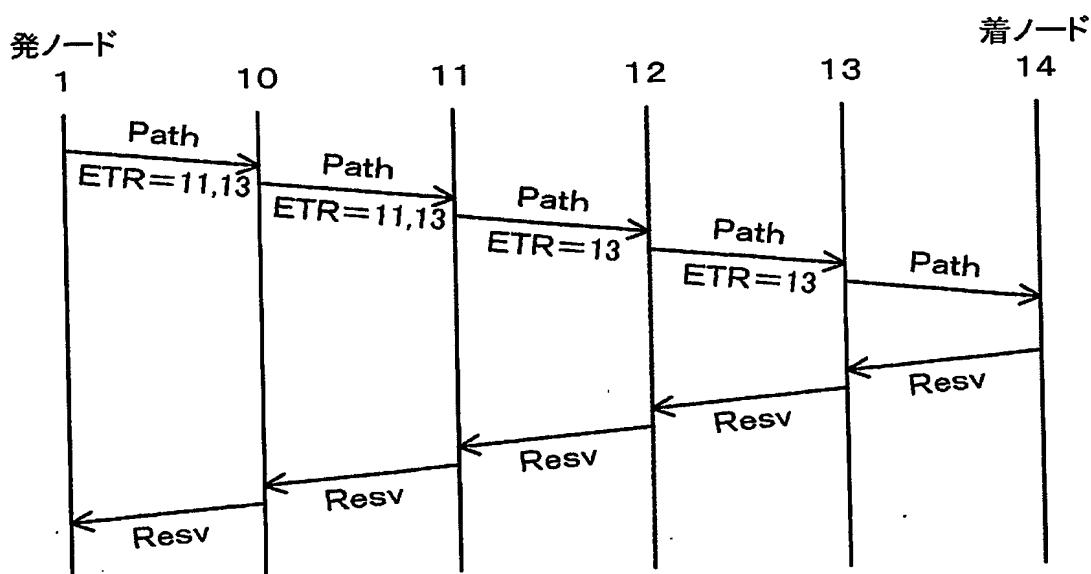
【図11】



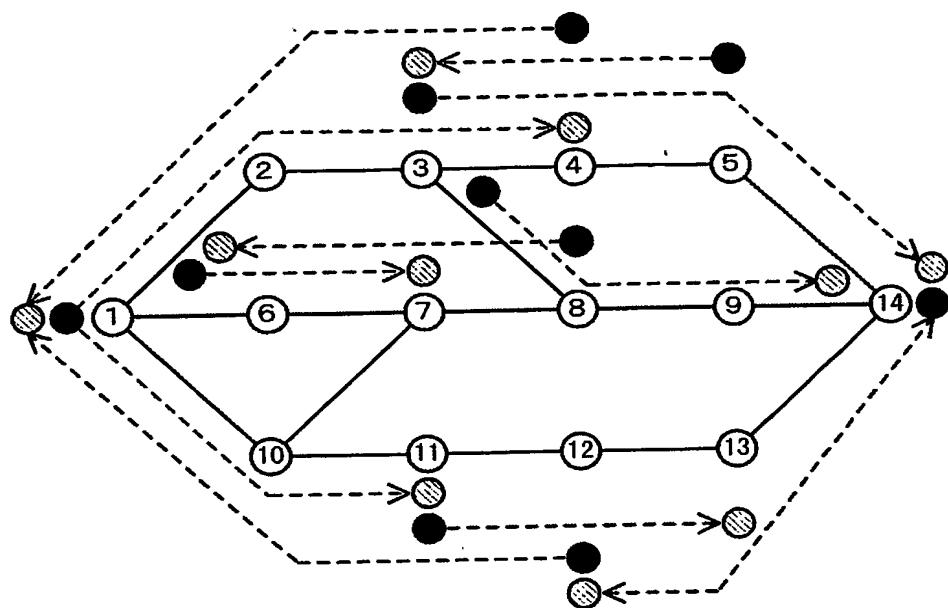
【図12】



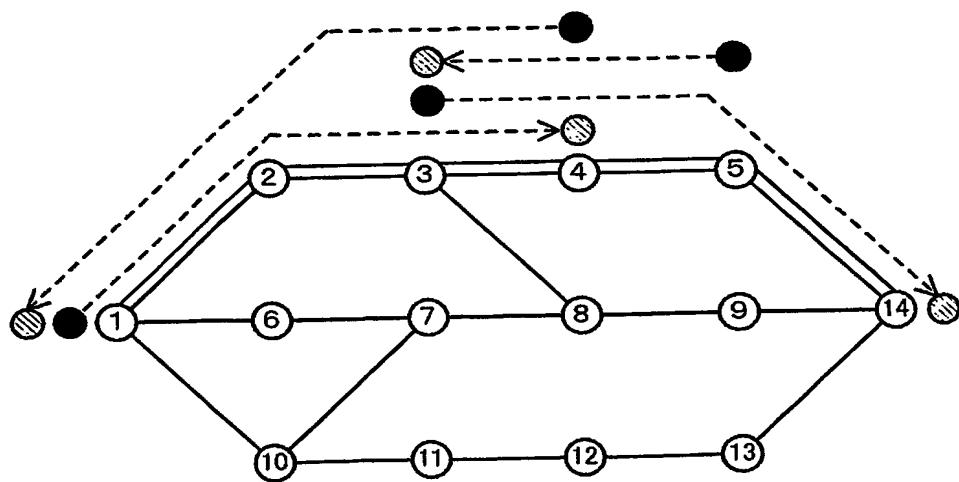
【図13】



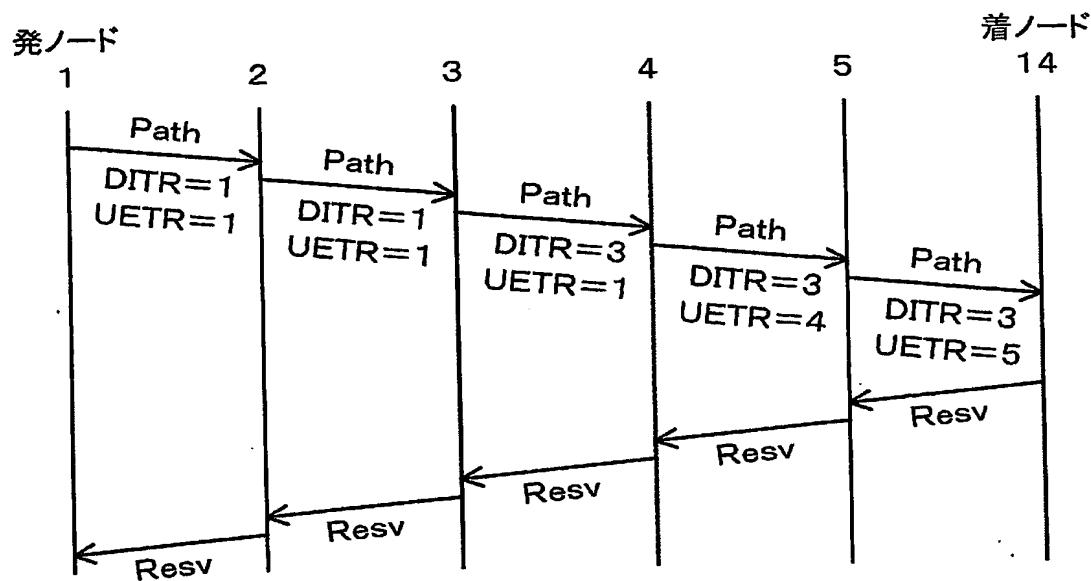
【図14】



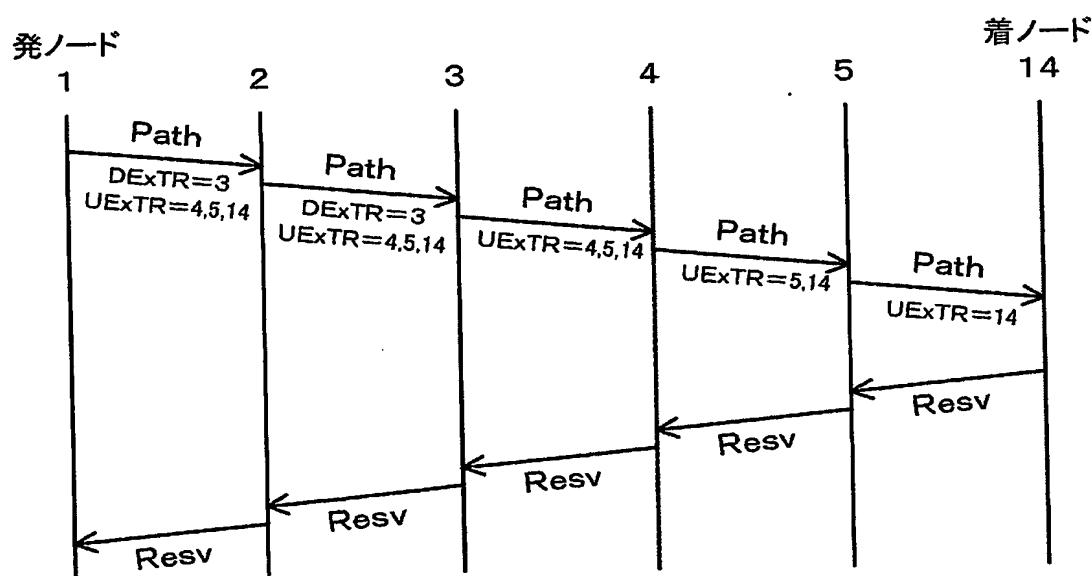
【図15】



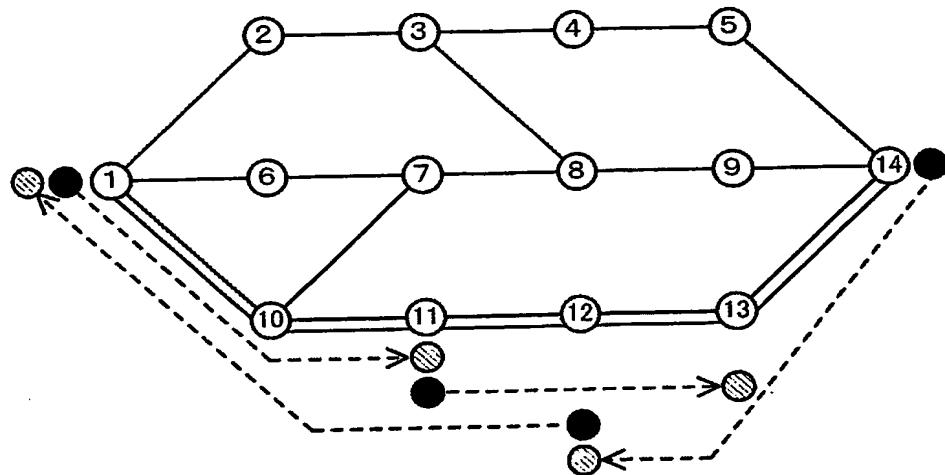
【図16】



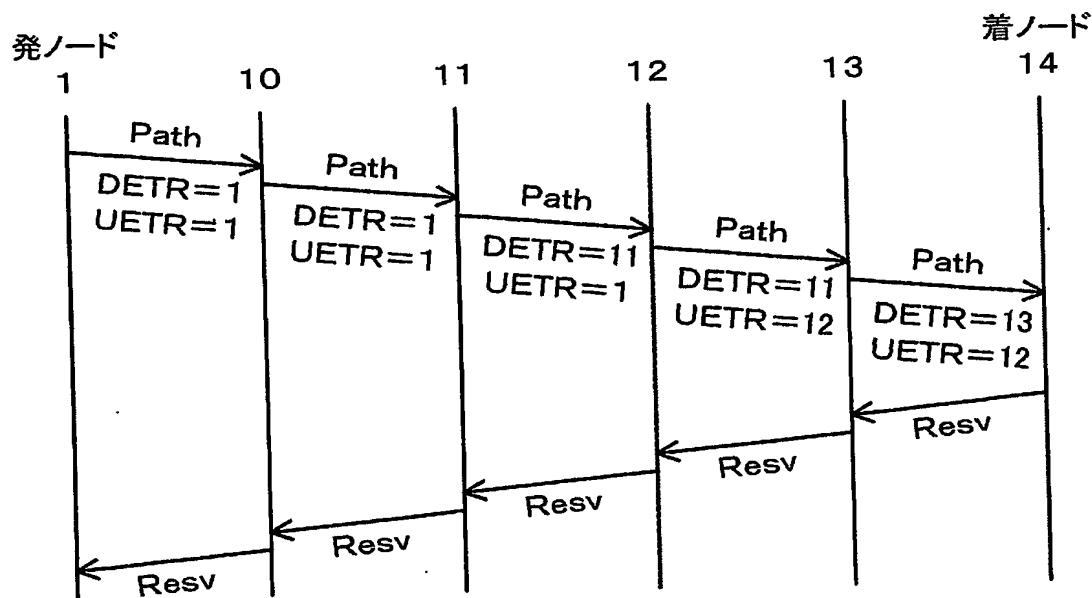
【図17】



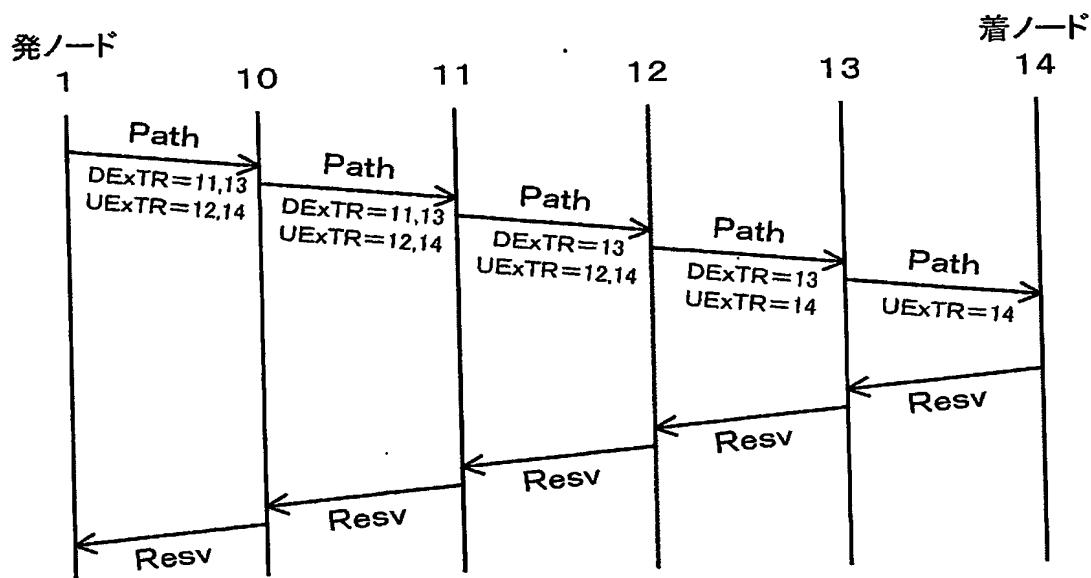
【図18】



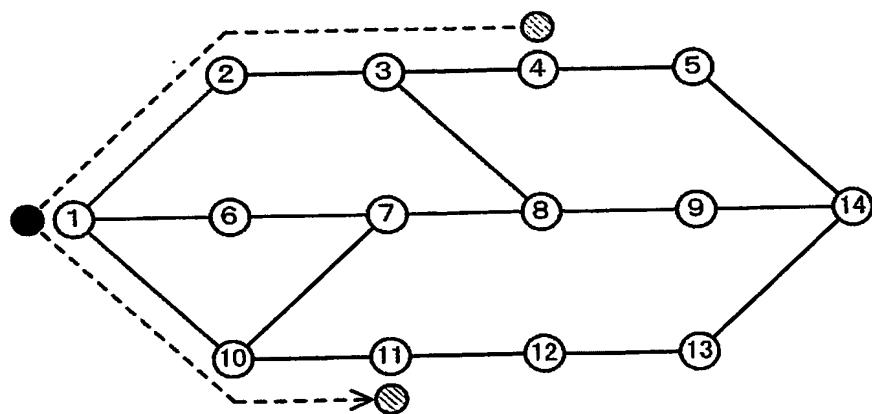
【図19】



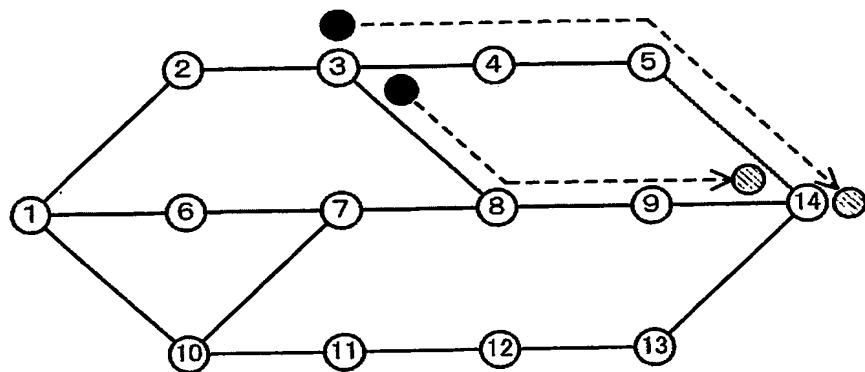
【図20】



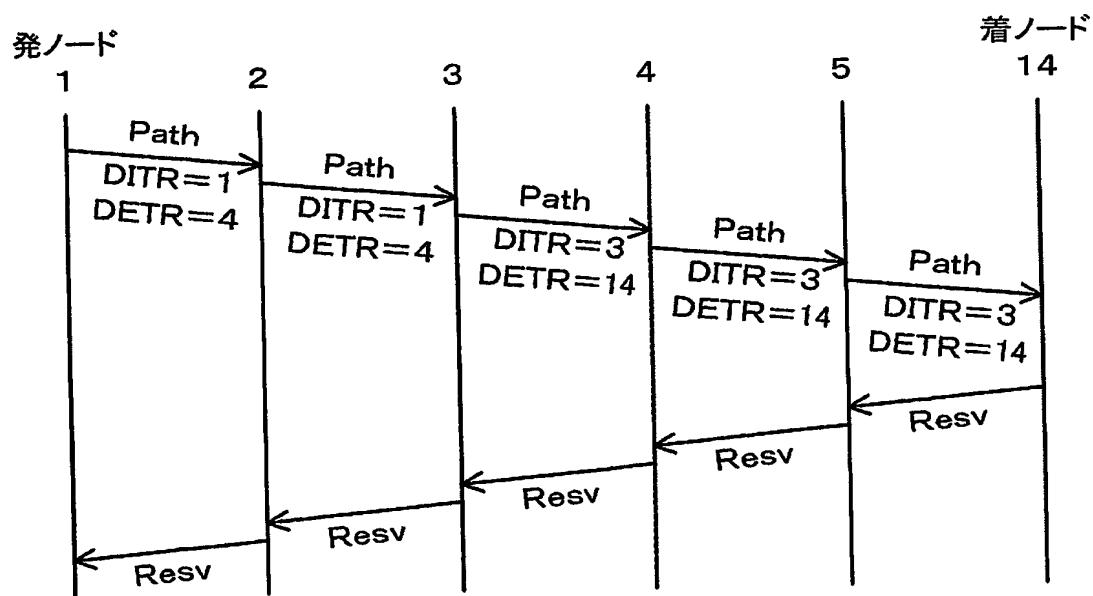
【図21】



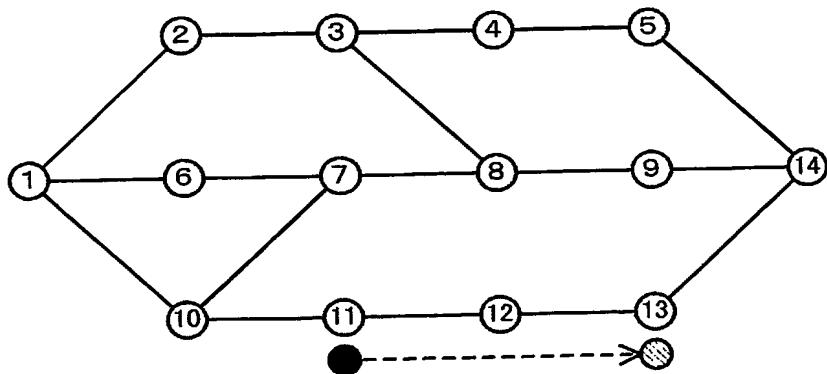
【図22】



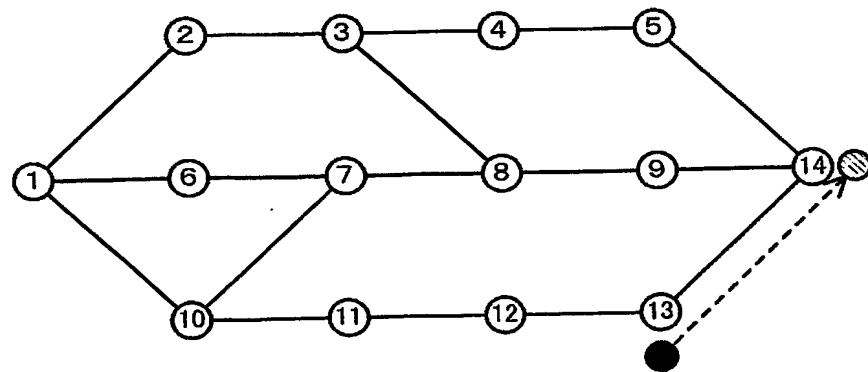
【図23】



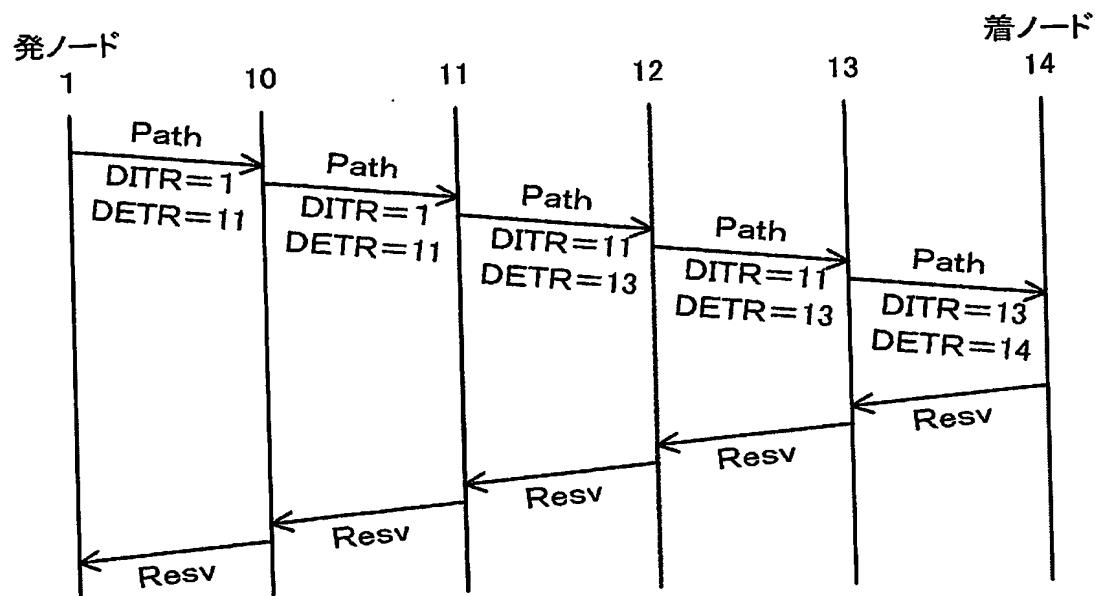
【図24】



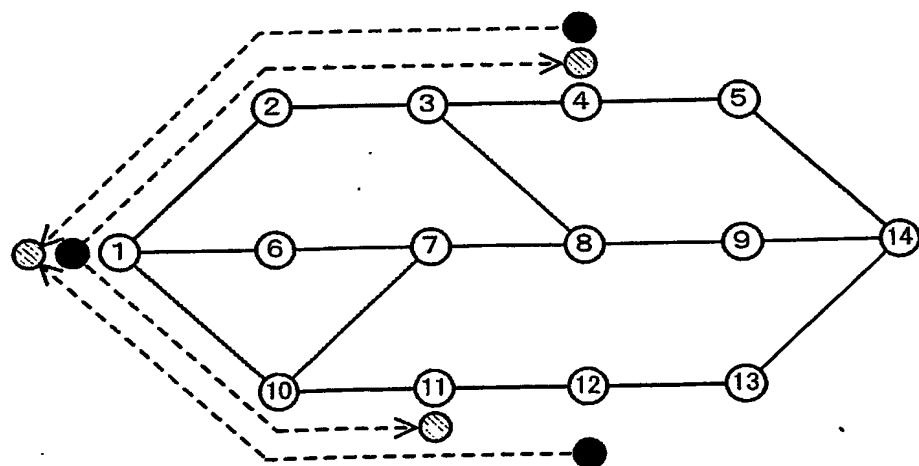
【図25】



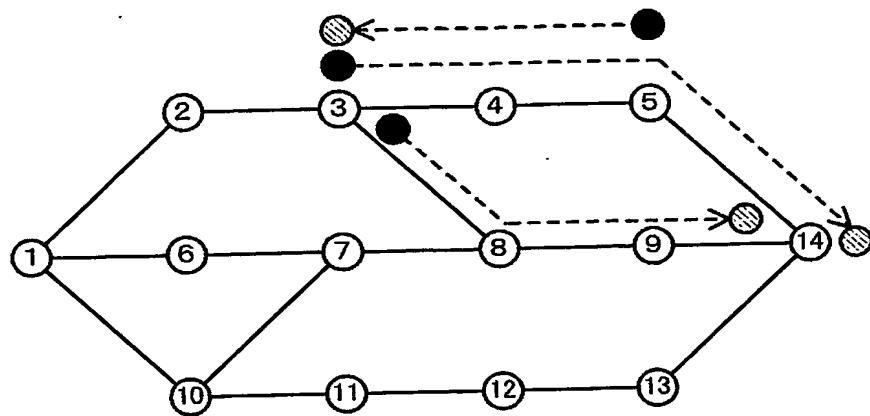
【図26】



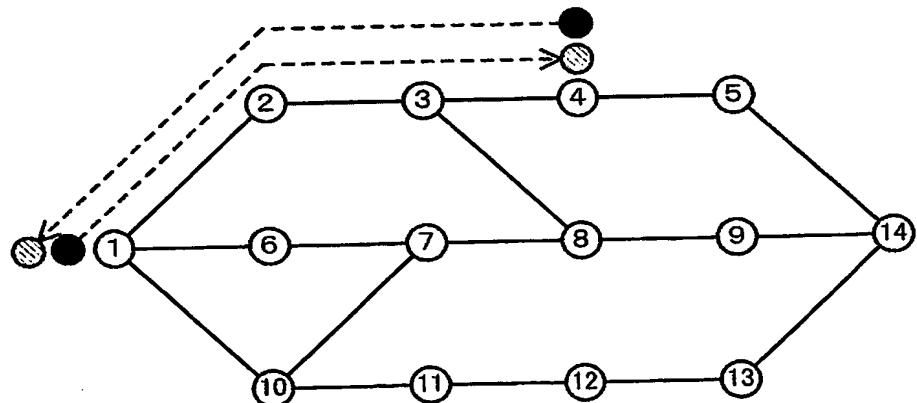
【図27】



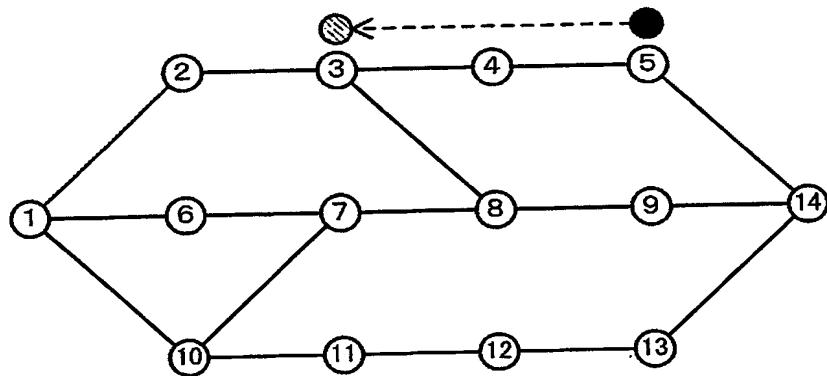
【図28】



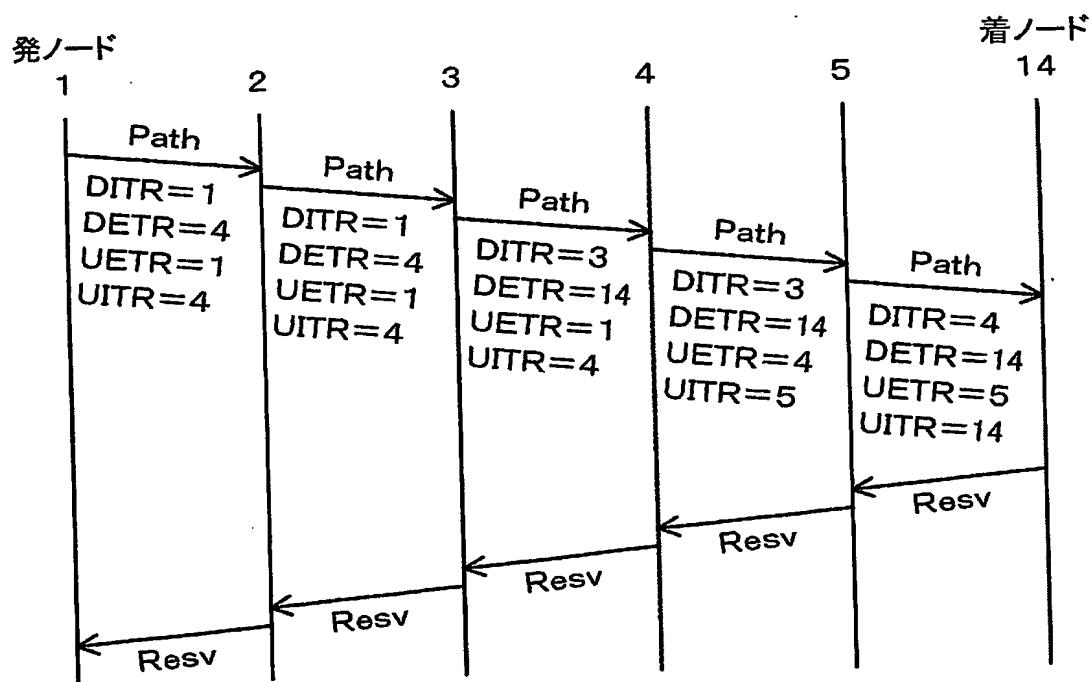
【図29】



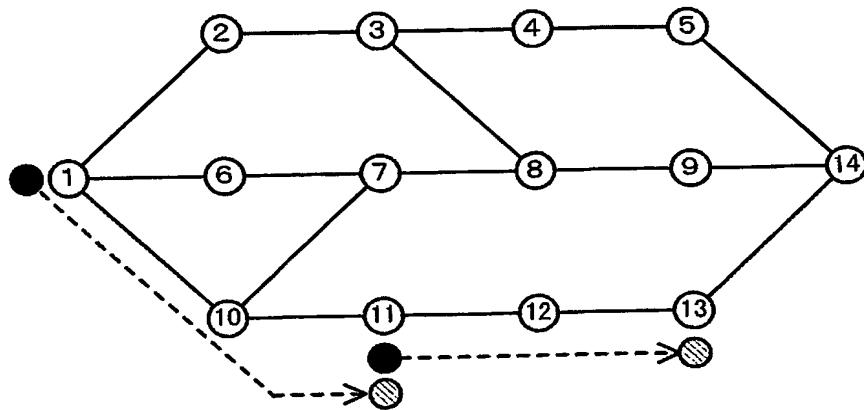
【図30】



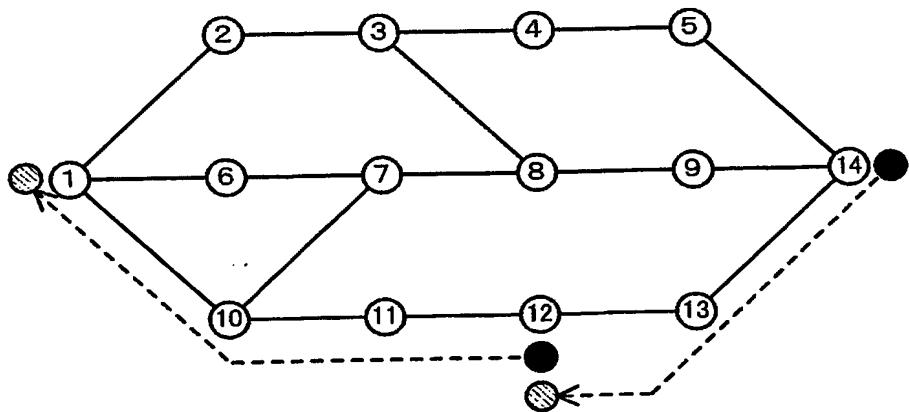
【図31】



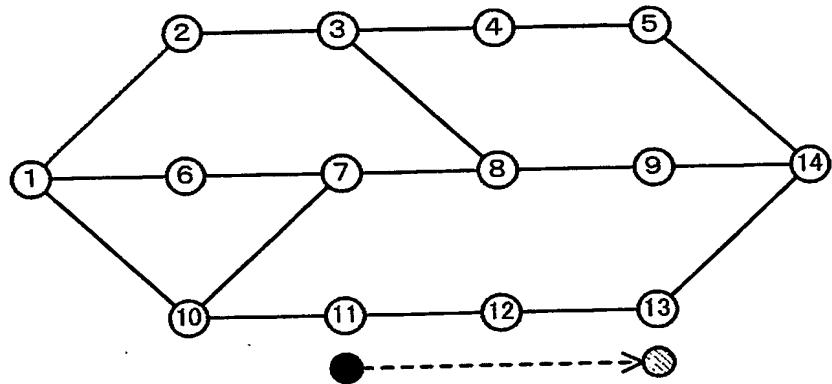
【図32】



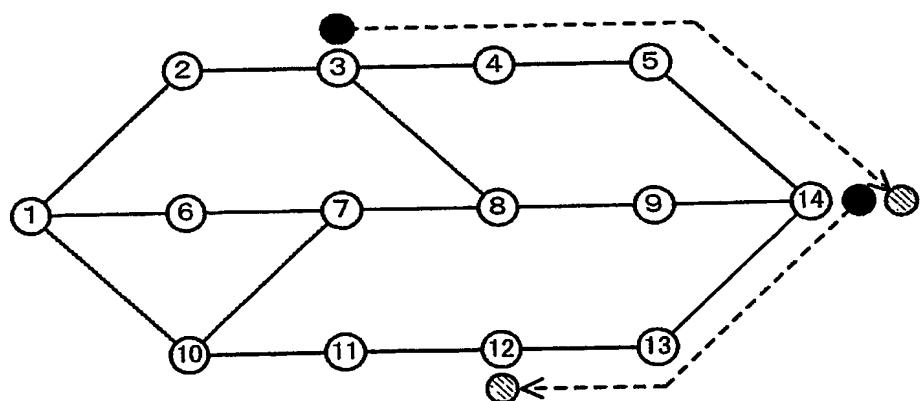
【図33】



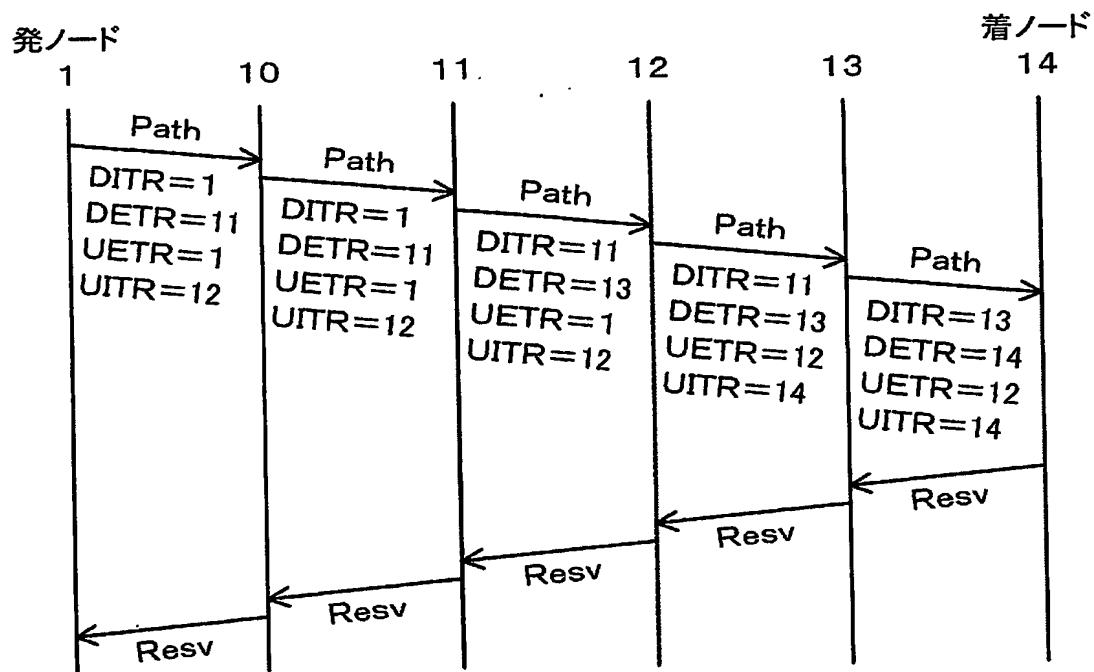
【図 3 4】



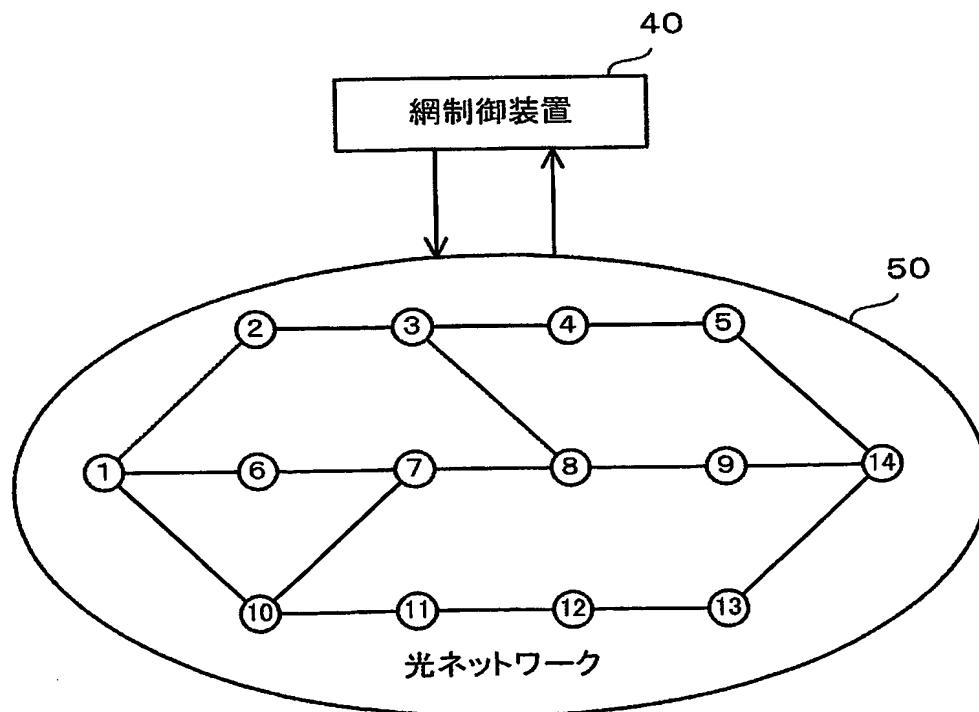
【図 3 5】



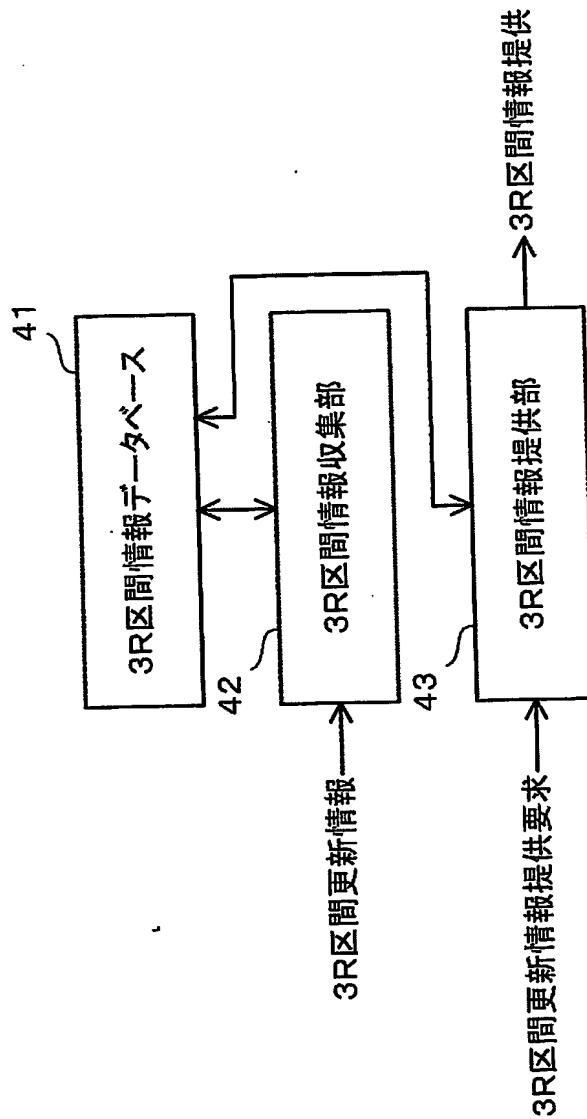
【図36】



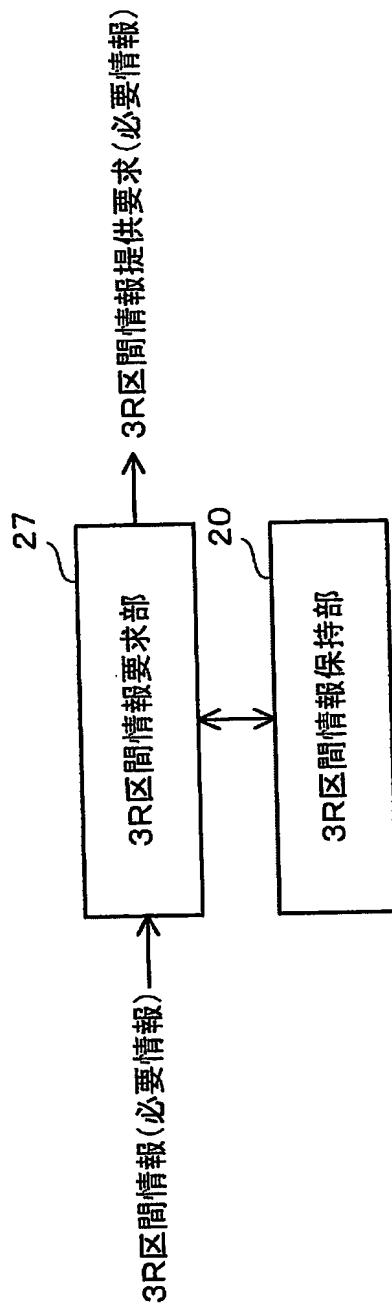
【図37】



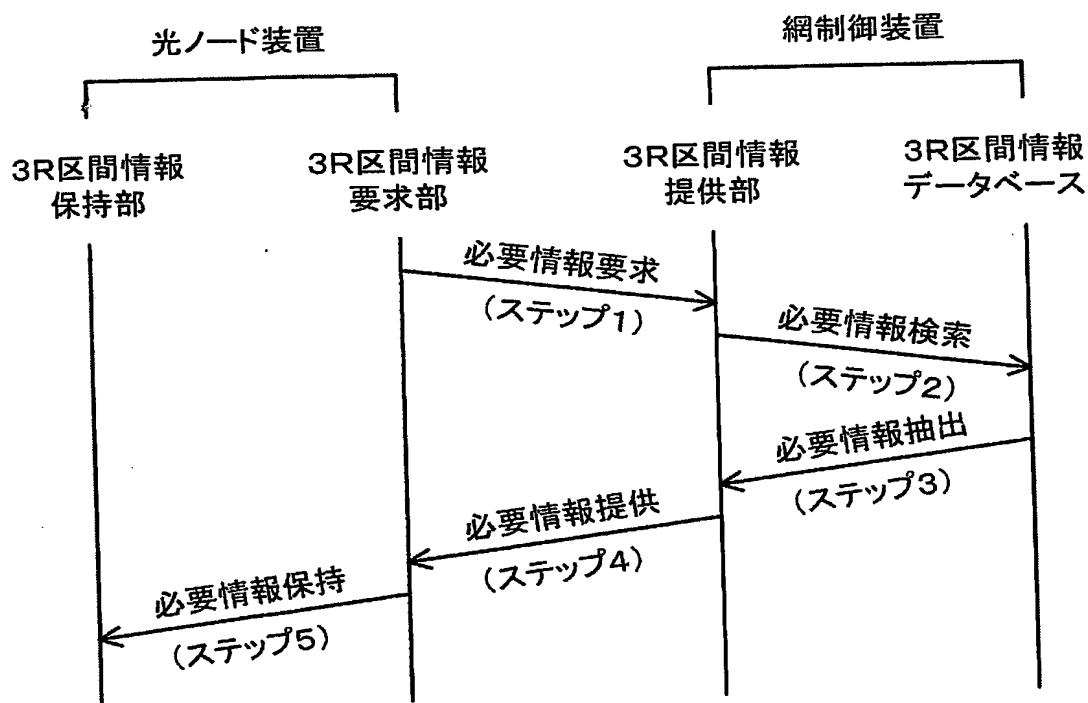
【図38】



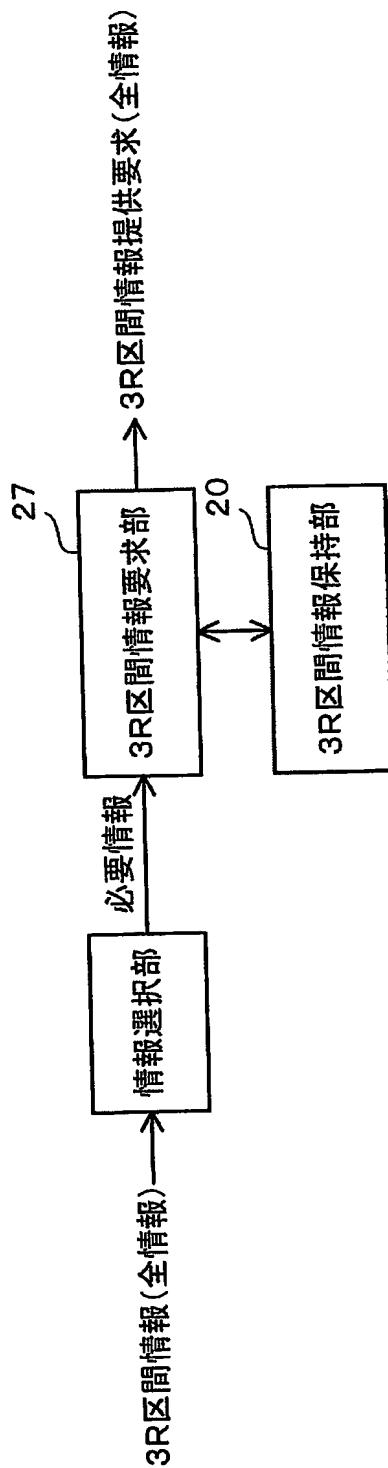
【図39】



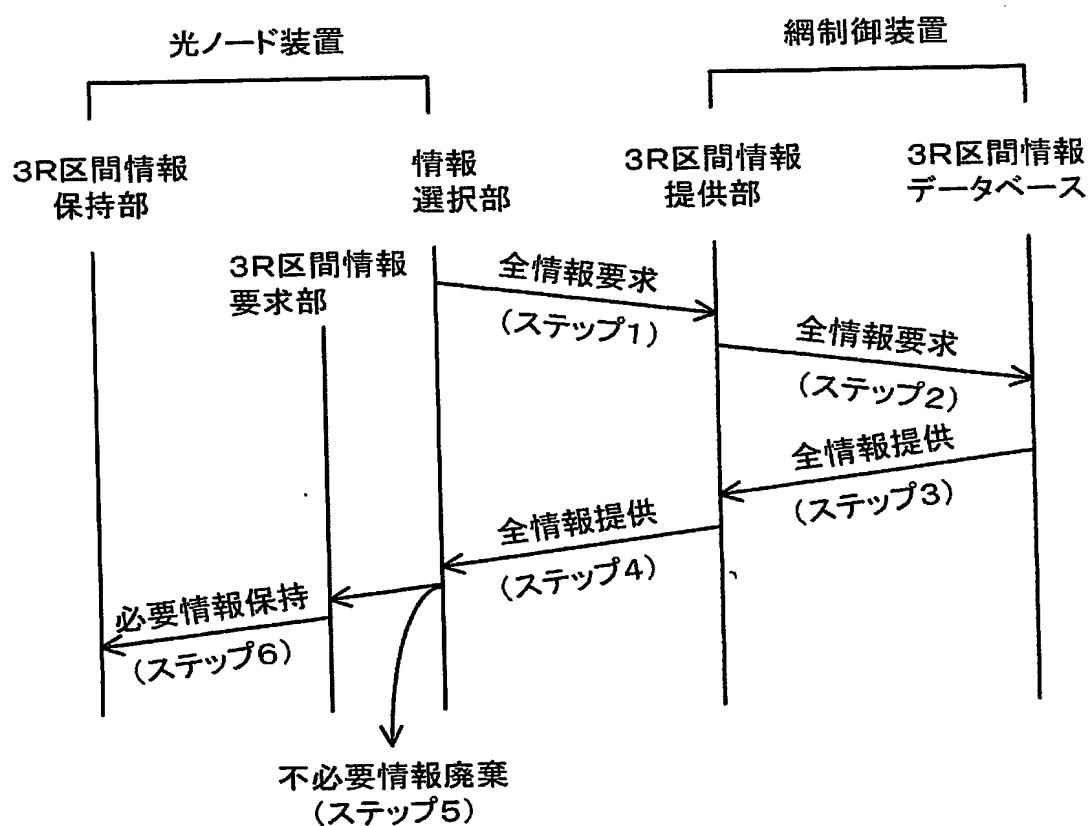
【図40】



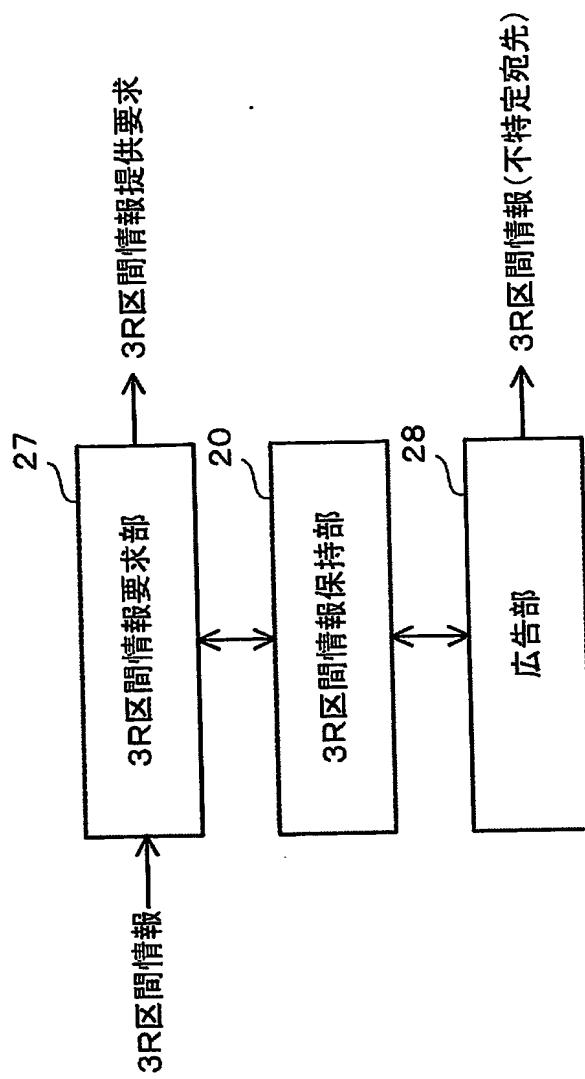
【図41】



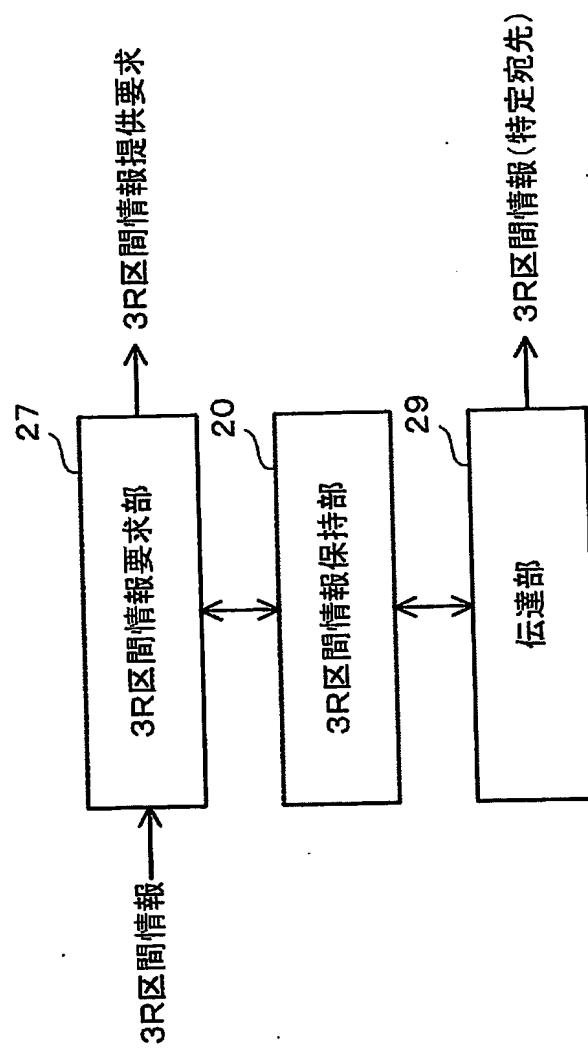
【図42】



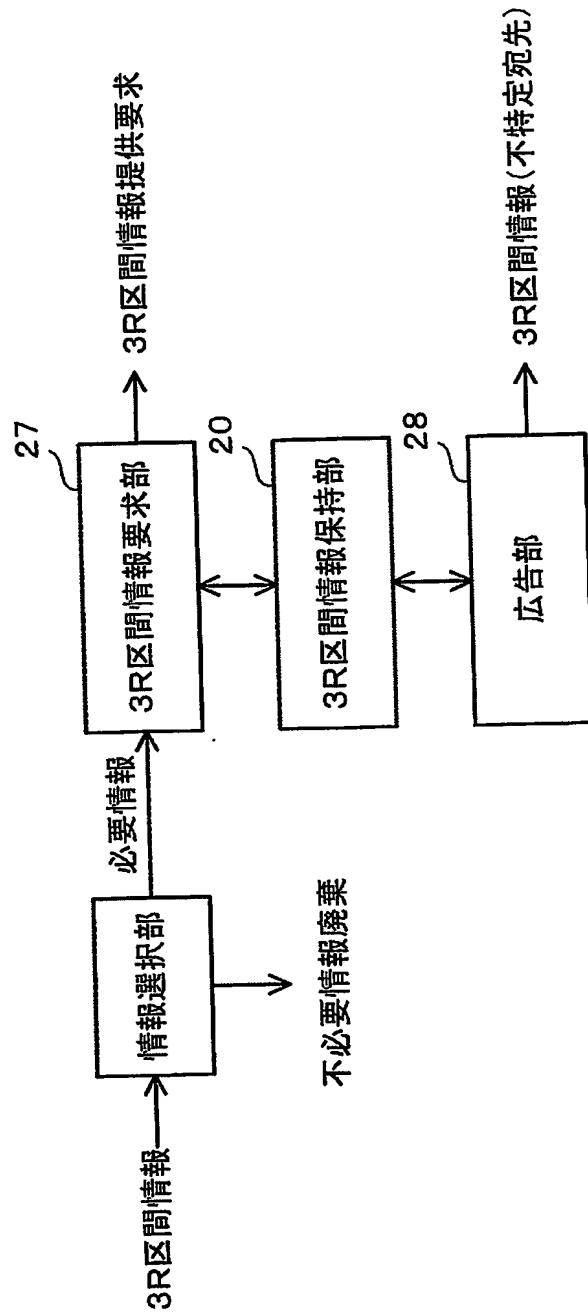
【図 4-3】



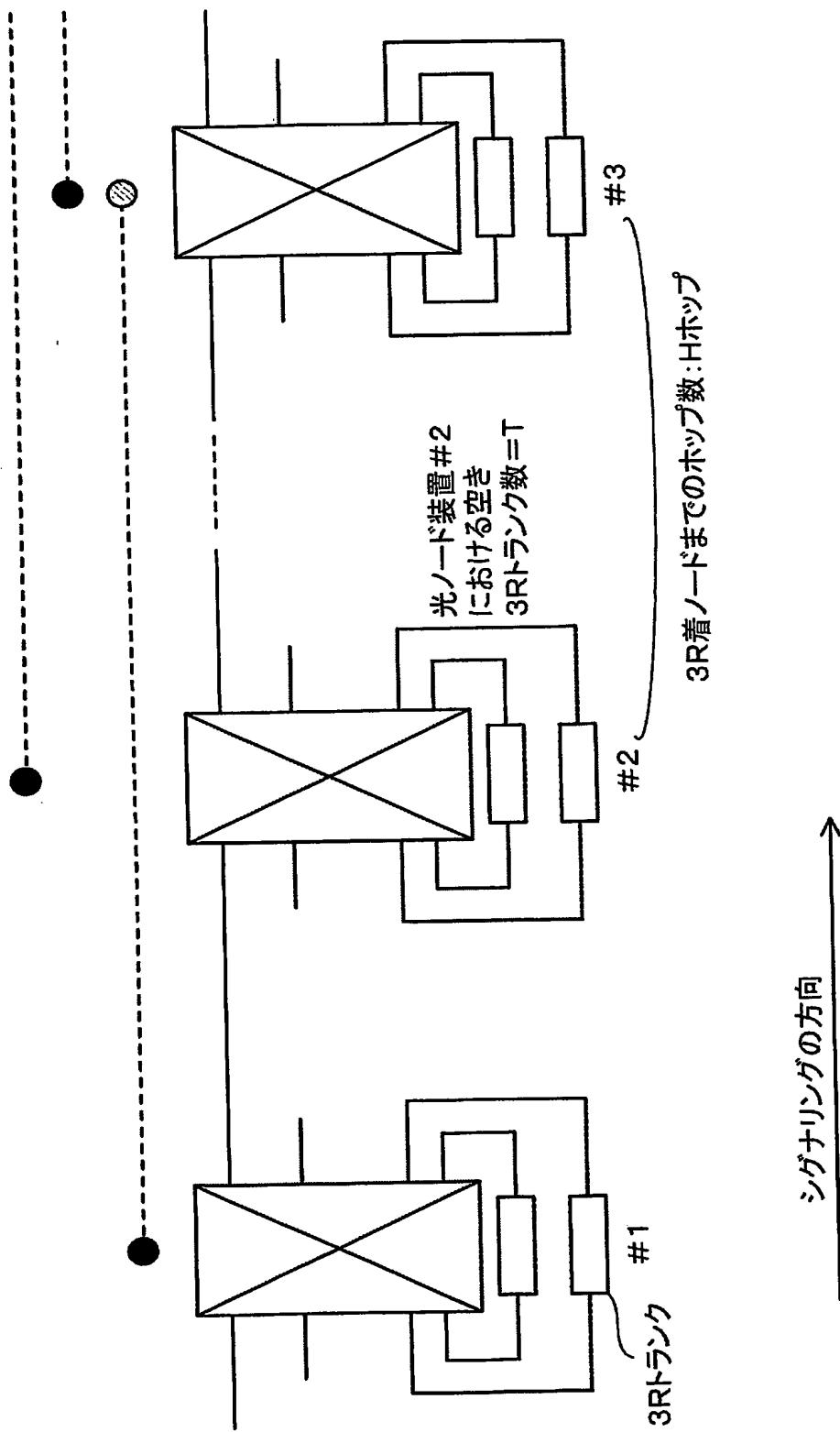
【図 4 4】



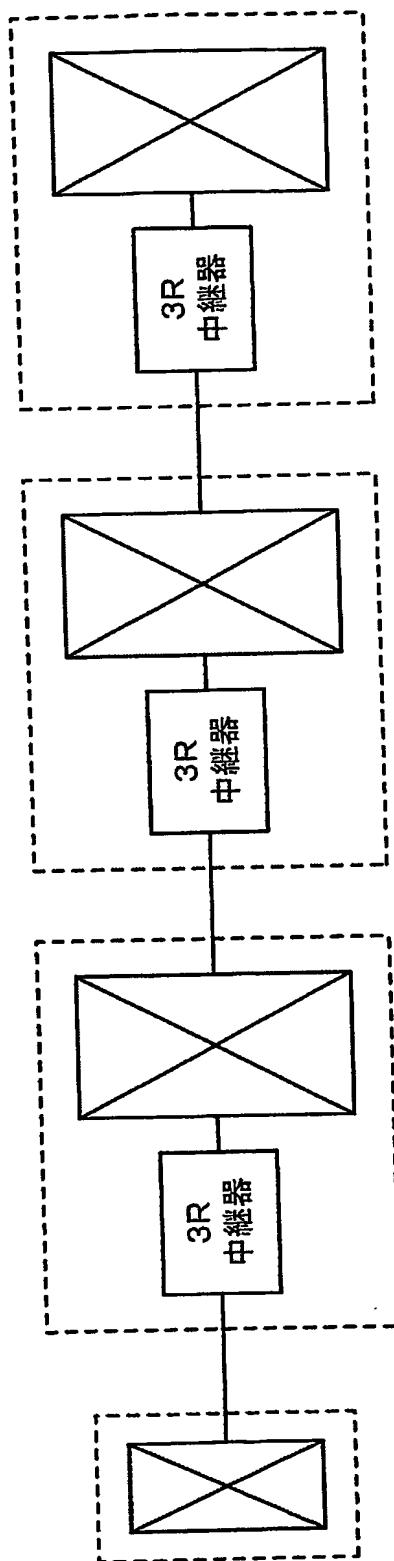
【図45】



【図46】



【図47】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 必要最小数あるいは必要最小能力の3R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成する。

【解決手段】 自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持し、保持された3R区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際し自己が3R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する。または、自己が発ノードであるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3R中継を実施する他光ノード装置を特定し、この特定された他光ノード装置に対して自己が発ノードである光パスの設定に際し3R中継の実施を要求する。

【選択図】 図3

特願 2003-069223

出願人履歴情報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名 日本電信電話株式会社